



# J a a r v e r s l a g 1 9 9 9 - 2 0 0 0

D E E L C

# U R T I D



**RIWA**

Vereniging van Rivierwaterbedrijven

**Jaarverslag 1999-2000****Deel C De Schelde**

Het jaarverslag bestaat uit 3 delen, te weten  
deel A (De Rijn), deel B (De Maas) en deel C (De Schelde),  
die onafhankelijk van elkaar verschijnen.

Secretariaat RIWA

Postbus 402, NL-3430 AK Nieuwegein

telefoon (+31) 030 - 600 90 30

telefax (+31) 030 - 600 90 39

**ISBN** - 90-6683-098-0

## Inhoudsopgave

<b>Hoofdstuk</b>	<b>pagina</b>
Inleiding	5
<b>1</b> Veranderingen bij de RIWA	<b>7</b>
<b>2</b> De Schelde gekarakteriseerd	<b>11</b>
<b>3</b> Van rivier tot waterweg en smeerpijp	<b>19</b>
<b>4</b> Van smeerpijp tot schone waterstroom	<b>29</b>
<b>5</b> De feitelijke kwaliteit van het Scheldewater	<b>35</b>
<b>6</b> Plannen en voornemens voor de Schelde	<b>41</b>
<b>7</b> Lopende en nieuwe onderzoeksprojecten	<b>53</b>
<b>8</b> Verschenen rapporten	<b>55</b>
 <b>Bijlage</b>	
<b>1</b> Lidbedrijven RIWA	<b>77</b>



## Inleiding

Voor u ligt het eerste RIWA-jaarverslag over de Schelde. In eerdere RIWA-jaarverslagen over de Maas is slechts af en toe een bericht over de Schelde verschenen. Nadat op 26 april 1994 in Charleville-Mézières de internationale verdragen voor de Maas en de Schelde waren ondertekend, werden beide verdragen integraal afgedrukt in het Maasjaarverslag 1994 en werd tevens een kort item gewijd aan de ondertekening. Naar aanleiding van de eerste Scheldeministersconferentie op 10 december 1998 is de daarbij vrijgegeven "Verklaring van Middelburg" afgedrukt in het Maasjaarverslag 1998 en werd een kort hoofdstuk gewijd aan de dat jaar geïnstalleerde Internationale Scheldec commissie.

Met de toetreding van de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW) eind 1999 is besloten voortaan ook de Schelde mee te nemen in de jaarlijkse verslaglegging. De VMW onttrekt een gedeelte van haar grondstof aan het Kanaal Bossuit-Kortrijk, dat met de Schelde in verbinding staat. Verwacht wordt dat in de toekomst in het Vlaams gewest een groter deel van het drinkwater zal worden betrokken uit oppervlaktewater. De rol van de Schelde kan daarbij in betekenis toenemen naarmate het Scheldewater schoner wordt.

Omdat het stroomgebied van de Schelde in deze publicatie debuteert, past een eerste algemene kennismaking met de rivier. Daarbij zal het de lezer opvallen hoezeer het imago van de rivier kan veranderen met de wijze waarop je er naar kijkt. Zo zal de chemisch analist die de waterkwaliteit van de Schelde beoordeelt, verrast zijn wanneer een ecooloog beweert dat de rivier kwaliteiten heeft die je in grote delen van West-Europa niet meer vindt!

De Schelde is in vele opzichten een bijzondere rivier met vele functies voor maatschappelijk gebruik en natuur. De kwaliteit van het Scheldewater blijkt voor de meeste van die functies een factor van belang. Mede gelet op het deel van het stroomgebied waar de meeste gebruiksfuncties zijn geconcentreerd en waar de invloeden op de waterkwaliteit het sterkst zijn, ligt het zwaartepunt van de beschrijving op de Schelde vanaf Gent tot aan de monding.



## Veranderingen bij de RIWA

# 1

In RIWA-verband werden in het jaar 2000 veel onderzoeken afgerond, waardoor evenveel rapporten het licht konden zien. Verderop in dit jaar-verslag is een hoofdstuk gewijd aan die vele verschenen rapporten. Daarnaast is in 1999 en 2000 ook bezien hoe de RIWA moet inspelen op de stroomgebiedsbenadering van de Kaderrichtlijn Water. De besluitvorming daarover verandert de opzet van de organisatie in de komende jaren.

Eind 1999 trad de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW) toe tot de RIWA. De VMW is gevestigd in Brussel en levert drinkwater aan 2,5 miljoen inwoners, verspreid over Vlaanderen. Behalve grondwater onttrekt het bedrijf sinds 1995 voor een deel van haar voorzieningsgebied water aan het Kanaal Bossuit-Kortrijk, dat in verbinding staat met de Schelde. Deze rivier ontspringt in het noorden van Frankrijk, stroomt vervolgens door Wallonië en Vlaanderen en mondt binnen Nederland via de Westerschelde uit in de Noordzee. Aldus is met de toetreding van de VMW een geheel nieuw stroomgebied aan het werkterrein van de RIWA toegevoegd.

Scheldewater

Door de toevoeging van de Schelde kon de RIWA niet meer opereren onder de naam "Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven" en daarom werd besloten deze te veranderen. Het was overigens niet de eerste naamsverandering. Bij de oprichting in 1951 heette de organisatie "Rijncommissie", maar al in 1952 werd de naam veranderd in "Rijncommissie Waterleidingbedrijven" (met de afkorting RIWA), om verwisseling met de "Internationale Rijncommissie" (1950) te voorkomen. Na de aansluiting van twee Belgische Maasbedrijven en de overgang van Rotterdam en Den Haag op Maaswater in de jaren zeventig werd de naam in 1983 opnieuw veranderd in "Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven". Die naam werd ook vastgelegd in de statuten waarmee de RIWA in november 1997 als vereniging werd ingeschreven.

Naamsverandering

Deze maal leek het wenselijk een naam te bedenken waarmee stroomgebieden in algemene zin konden worden aangeduid. Uiteindelijk bleek de afkorting "RIWA" de basis te leveren voor het meest elementaire deel van de nieuwe naam: rivierwater. Volgens de statutenwijziging van 25 november 1999 heet de RIWA voortaan: "Vereniging van Rivierwaterbedrijven".

Rivierwater

Door de toetreding van de VMW met ingang van het jaar 2000 is het aandachtsveld van de RIWA verbreed en kunnen drie uiteenlopende stroomgebieden (van Rijn, Maas en Schelde) met elkaar worden vergeleken. Evenals de Maas is de Schelde een regenrivier, maar er zijn ook verschillen tussen de beide rivieren. De ondertekening van de verdragen voor de bescherming van Maas en Schelde in 1994 hield in dat met de sanering van deze rivieren ernst werd gemaakt. Door de activiteiten van de Internationale Maas- en Scheldec commissies sinds mei 1995 krijgt het herstel van de twee stroomgebieden geleidelijk aan gestalte. Voortaan zal de RIWA ook de activiteiten voor de Schelde ondersteunen.

Rijn, Maas en Schelde



De RIWA-secties Rijn, Maas en Schelde (Figuur: Gemeentewaterleidingen, Ad van der Meer)



## Reorganisatie

In november 2000 werd het besluit genomen de organisatie van de RIWA fundamenteel te wijzigen, met als kern een onafhankelijker beleidsvoering tussen de Rijn-, Maas- en Scheldebedrijven.

Al sinds 1990 wordt de RIWA-organisatie gekenmerkt door een splitsing tussen Rijn- en Maasactiviteiten. Deze splitsing in stroomgebieden was destijds met name ingevoerd om de activiteiten aan de Maas te kunnen intensiveren. In de loop van 2000 bleek dat een aantal bedrijven behoefte had aan een verdergaande onafhankelijkheid tussen de Rijn- en Maasbedrijven. Enerzijds zouden hierdoor de kosten van de organisatie kunnen worden beperkt. Anderzijds zou zelfstandiger binnen het eigen stroomgebied kunnen worden geopereerd en beter worden ingespeeld op de stroomgebiedsbenadering van de Europese Kaderrichtlijn Water, die eind 2000 in werking trad.

Splitsing Rijn, Maas en Schelde

Najaar 2000 viel het besluit om al vanaf 2001 te gaan werken met twee zelfstandige secties Rijn en Maas onder een RIWA-koepel. In principe vormt de Schelde ook een aparte sectie, maar omdat deze wordt gevormd door één bedrijf, is de onafhankelijkheid van deze sectie vooralsnog beperkt. De secties RIWA-Rijn en RIWA-Maas worden geleid door een aparte directeur, de sectie RIWA-Schelde door de directeur van het Scheldebedrijf. Veel activiteiten zoals meetnet, bijzonder onderzoek, overleg met derden (bijvoorbeeld de Internationale Rijn-, Schelde- en Maascommissies) en lobby worden voortaan autonoom door de secties gedaan.

Zelfstandige secties

Op bestuurlijk niveau komen de secties bijeen om ervaringen uit te wisselen, activiteiten op elkaar af te stemmen en mogelijke vormen van samenwerking te bespreken. Het gezamenlijke overleg met de Nederlandse rijksoverheid blijft gehandhaafd. Binnen de stroomgebieden zullen vooral de stroomgerichte secties RIWA-Maas, RIWA-Rijn of RIWA-Schelde opereren. Waar specifieke stroomgebiedsbelangen geen rol van betekenis spelen, blijft de Vereniging van Rivierwaterbedrijven – RIWA als koepelorganisatie het gezicht naar buiten toe bepalen.

Apart en gezamenlijk

## Voorzitterschap

Het algemeen voorzitterschap van de RIWA rouleert elke drie jaar over de Rijn- en de Maasbedrijven. Na het vertrek van de heer Merckx (Antwerpse Waterwerken) in september 1999 werd de heer Leemans (Brusselse Intercommunale Watermaatschappij) in november 1999 gekozen tot algemeen voorzitter van de RIWA. Met ingang van 2001 ging het algemeen voorzitterschap van de RIWA weer over op de Rijnbedrijven. Vanaf 1 januari 2001 vervult de heer Gast de functie van algemeen voorzitter RIWA.

Inmiddels was tevens het besluit genomen de RIWA onder te verdelen in stroomgerichte secties met ieder een eigen sectievoorzitter. Als gevolg daarvan vervult de heer Gast met ingang van 2001 tevens het voorzitterschap van de sectie RIWA-Rijn. De heer Leemans is benoemd tot voorzitter van de sectie RIWA-Maas.

Sectievoorzitters

**Deel Scheldestroomgebied vanaf Gent, waar de zee zijn invloed al doet gelden** (Figuur: Schelde Informatie Centrum/RIKZ)



## De Schelde gekarakteriseerd

# 2

Traditiegetrouw begint de beschrijving van een rivier bij de bron. De Schelde geeft alle aanleiding om daarvan af te wijken. De monding van de Schelde is namelijk veel interessanter. Tweemaal daags jaagt daar de Noordzee haar getij in en uit. Dat is een uniek verschijnsel geworden in de lage landen, want overal elders zijn de riviermondingen en hun vertakkingen in zeegaten afgesloten, of afsluitbaar gemaakt met indrukwekkende bouwsels, uiteenlopend van dijken en dammen tot spuisluizen en stormvloedkeringen. Wanneer de dam in de Eems is voltooid, zal het Schelde-estuarium nog de enige echte vrijwel natuurlijke riviermonding zijn waar de dynamiek van getijden en rivierafvoer het samen voor het zeggen hebben. Het is aan de Noordzee en de Schelde om te bepalen waar zij elkaar ontmoeten en hoe de zoet-zout-gradiënt verloopt. Vooral de aanwezigheid van een uitgestrekte brakke overgangszone maakt de Schelde tot een uitzonderlijke rivier.

**Uitzonderlijke rivier**

Tegelijkertijd is de Scheldemonding de verbindingspoort tussen de zeehaven van Antwerpen en de rest van de wereld. Het Schelde-estuarium is daarmee een van de meest vitale levensaderen van de Belgische economie. Haven- en industriebelangen hebben een grote invloed op de rivier. Op de eerste plaats door de Belgische eis dat de Scheldegeul voor steeds grotere schepen bevaarbaar moest zijn. Dit heeft geleid tot vele ingrepen in het stroombed. Daarnaast heeft industriële expansie een enorm effect gehad op de kwaliteit van het Scheldewater. Nu er, in navolging van de Rijn en de Maas, een internationale inspanning wordt geleverd om de kwaliteit van het water te verbeteren, mag de verwachting worden uitgesproken dat het bijzondere van de Schelde alleen maar aan belang wint.

**Levensader van de  
Belgische economie**

De Schelde is met haar lengte van 350 kilometer een van de kleinere rivieren van Europa. De bron ligt in de heuvels ten noorden van Saint Quentin. Deze Noord-Franse stad ligt zo'n 125 kilometer van zee. Het aanvankelijk prille stroompje 'Escaut' legt een bijna drie keer zo lang traject af voordat het erin uitmondt. De heuvels van de Kam van Artesië dwingen de rivier naar het noorden te stromen en niet zoals de vlakbij gelegen rivier de Somme de kortste weg, westwaarts, naar zeeniveau te kiezen. De eerste vijftien kilometer is de beek onbetekenend, maar al bij Cambrai is hij bevaarbaar voor schepen tot 1350 ton. Nog voor de Frans-Belgische grens is bereikt, en een kwart van de afstand erop zit, hebben zich vele beken en stroompjes met de Escaut samengevoegd. Bij Tournai (Doornik), de eerste stad van enige omvang in Wallonië, kan van een rivier van redelijke afmetingen worden gesproken.

**Van bron tot monding**

Bij Gent, waar de laatste sluis ligt, buigt de Schelde merkwaardigerwijs met een haakse bocht naar het oosten. De weg-van-de-zee-koers houdt zij zeker dertig kilometer aan, om bij Ouden-Briel opnieuw koers naar het noorden te zetten. Pas voorbij Antwerpen – na het passeren van de Belgisch-Nederlandse grens – gaat de stroom krachtig meanderend westwaarts naar zee. Dit traject is markant vanwege zijn slikken, platen, schorren en in de loop der jaren steeds hoger opgeworpen zeedijken. Wijds en open is dit

landschap, waar menselijke activiteiten en natuur soms als in een frontlinie tegenover elkaar staan.

#### Zijrivieren en andere aantakkingen

Het gebied dat op de Schelde afwatert is nog geen 22.000 vierkante kilometer groot, aanzienlijk minder dan de stroomgebieden van Maas en Rijn. Tot de grotere zijrivieren die zich op Frans en Belgisch grondgebied met de Schelde verenigen, horen in volgorde van samenvloeiing de Haine, de Scarpe, de Leie (of Lys), de Dender en de Rupel, waarbij de laatste de bundeling is van de Zenne, de Dijle, de Demer en de (Grote en Kleine) Nete. De Leie is van deze de langste. Voor hij zich in het hart van Gent met de Schelde verenigt, heeft hij meer dan 130 kilometer door het Noord-Franse en Vlaamse landschap gekronkeld, al moet dat laatste niet te letterlijk worden genomen, omdat ook dit riviertje ten behoeve van de scheepvaart over grote delen is gekanaliseerd. Hoezeer het stroomgebied van de Schelde is aangepast aan het gebruik door de mens, blijkt alleen al uit de 250 sluizen en stuwen die in gebruik zijn om delen van de rivier, haar zijrivieren en kanalen met elkaar te verbinden of juist te scheiden.

#### Invloed van de zee

Direct na Gent wordt de invloed van zee merkbaar met een getijslag van gemiddeld twee meter. Het totale hoogteverschil van ongeveer honderd meter is dan al achter de rug. Vanaf hier krijgt de Schelde haar estuariene karakter. Dat is tot aan de monding nog een afstand van 160 kilometer! Imposant zijn de verschillen in de waterhoogte die eb en vloed veroorzaken. Het estuarium heeft een trechtervorm. De vijf kilometer die Vlissingen en Breskens van elkaar scheiden, versmallen zich tot dertig meter bij Gent. De vloedstroom die zich in deze trechter perst, stuwt het water hoger en hoger op. In de monding bedraagt het tijverschil onder normale omstandigheden 2,5 tot ruim 3,5 meter. Bij Antwerpen liggen die waarden ruim een meter hoger. Aanhoudende westerstorm kan het tij en ook het trechtereffect behoorlijk versterken. Het tot nu toe grootste getijverschil is in november 1993 gemeten even ten zuiden van Antwerpen. Het bedroeg 7 meter en 36 centimeter. Dit deel van de rivier, dat duidelijk onder invloed van de zee staat, heet dan ook niet voor niets Zeeschelde. Ook op de zijrivieren dringt het getij over een zekere afstand door: 12 kilometer op de Rupel, 10 kilometer op de Zenne, 7 kilometer op de Dijle, 15 kilometer op de Nete en 16 kilometer op de Durme.

#### Estuariene dynamiek

Een van de eigenschappen die een groot deel van de Schelde tot een bijzondere rivier maken, is de estuariene dynamiek. De op elkaar inwerkende krachten en invloeden van het slibrijk rivierwater en de zee zorgen voor geleidelijke en steeds wisselende overgangen tussen zoet en zout, nat en droog, zand en zachte slib, fel stromend en bijna stilstaand water, beschutte gebieden en zones die worden gebeukt door het geweld van de golven. Dit zijn de landschapvormende krachten die in het Schelde-estuarium nog geheel intact zijn. Zouden ze helemaal vrij hun gang kunnen gaan, dan zouden ze op natuurlijke wijze steeds veranderende patronen maken van vloedgeulen, ebgeulen, nevengeulen, kortsluitgeulen, slikken, platen en schorren. Het zijn deze patronen in het landschap die bepalend zijn voor de kansen van alle mogelijke soorten van leven om er zich permanent te vestigen of tijdelijk te gast te zijn. In een estuarium is de getijdendynamiek de motor voor de uiteindelijke kwaliteit van landschap en natuur. Het begrip 'kwaliteit'

omvat in dit geval de samenhangende factoren 'diversiteit', 'compleetheid' en 'uniciteit'.

**Oppervlakten (ha) van de 3 belangrijkste habitattypes in het Schelde-estuarium (geulen, slikken, schorren), gesplitst in Vlaams (Zeeschelde) en Nederlands (Wester-schelde) deel** (Figuur: Schelde Informatie Centrum/RIKZ)

	Water	Slik	Schor	Totaal
Zeeschelde	3.000	656	518	4.174
Wester-schelde	17.598	10.581	3.175	31.354
Totaal	20.598	11.237	3.693	35.528

De dynamiek in het Schelde-estuarium kan echter – hoe krachtig ook aanwezig – niet meer onbeperkt zijn gang gaan. De scheepvaartgeul wordt door baggerwerken krampachtig op zijn huidige ligging gefixeerd. Leidammen dwingen hier en daar het water in een onnatuurlijke richting te stromen. Inpolderingen van schorrenlandschap hebben door de jaren heen een groot oppervlak aan het riviersysteem onttrokken. Dat betekent niet alleen verlies van schorrenlandschap, maar ook verkleining van de komberging en dit laatste heeft een opstuwend effect op de waterhoogten.

In tegenstelling tot sterk gekanaliseerde rivieren als de Rijn en Maas heeft het riviersysteem van de Schelde nog een deel van zijn natuurlijke behouden. Een van de essentiële kenmerken daarvan is de aanwezigheid van ruimte om bij een grote waterafvoer land te kunnen overstromen. Water dat zich horizontaal kan verspreiden, zwelt niet in verticale richting, met andere woorden: rivieren die kunnen overstromen, zijn veilige rivieren als in de overstromingszone een laagje water geen kwaad kan. Selectief agrarisch gebruik en wonen op terpen of palen is goed denkbaar. Krijgt de natuur de ruimte, dan ontstaan langs de oevers slikken die zich, naarmate ze verder opslibben, ontwikkelen tot schorren. Op schorren die verder verlanden, ontstaat bos. Als in een bebost stroomdal de rivier van bedding verandert, kunnen bij hoog water uitgestrekte bosarealen onder water komen te staan. In het deel van de Zeeschelde tussen Temse en Gent zijn tussen de zwerige meanders nog grote stukken vloedbos aanwezig.

Vloedbos

Het grootste areaal overstroombaar gebied bestaat echter uit schorren, hoog opgeslibde platen van modder en zand direct naast de hoofdstroomgeul. Ze worden doorsneden door ondiepe of geheel droogvallende krekken die zich vertakken in kleinere geultjes die zich weer vertakken ...en zo voort. Al naar gelang hun ligging in de zout-, brak- of zoetwaterzone kennen schorren een eigen, maar altijd bijzondere plantengroei. Hoe groter het verschil tussen eb en vloed, des te uitgestrekter en sterker geprofileerd is het schorrenlandschap. Aan de schorrenvegetatie wordt een zuiverende werking toegeschreven, met name vanwege het omzetten van opgeloste nutriënten in organisch materiaal. Die vegetatie bestaat overigens uit echte krachtpatser zoals zeeasters, zeekraal en kweekgras. Ze zijn bestand zijn tegen sterk wisselende omstandigheden zoals de periodieke overstroming met water en het wisselende zoutgehalte. In een zoeter milieu overheerst een onstuimige rietgroei. De schorren herbergen een groot deel van het leven in een estuarium. Onderzoek in een kreek in het Verdrongen Land van Saeftinge toonde

Schorren



**Vogelrijkdom op de Scheldeschorren** (Foto: Jan v.d. Broeke, RIKZ)

zo'n dertig soorten vissen, garnalen, krabben, vlokreeften en pissebedden aan. Eenden, ganzen en steltlopers gebruiken schorren als rust-, rui- en broedgebied. Voor weer andere soorten bieden ze een vluchtplaats bij hoog water.

#### Platen

Schorren ontstaan uit slib dat door de rivier wordt meegevoerd op luwe plekken aan de randen van het stroombed. Temidden van het snelstromende water in de bredere delen van de Westerschelde liggen ondiepten die niet door opslibbing zijn ontstaan, maar door zandtransport. Dit zijn de platen. Het zand dat erin is opgeslagen, komt met de vloedstroom mee uit zee. Die stroom is namelijk krachtiger dan de eb, met als gevolg dat zeezand sprongsgewijs stroomopwaarts meespoelt. Een andere drijvende kracht voor de vorming van platen is de kurkentrekkerbeweging die het rivierwater maakt in de bochten. Zand uit de buitenbocht beweegt hierdoor over de bodem naar de binnenbocht. Zeer uitgestrekte geulen zijn dikwijls doorsneden door zogeheten kortsluitgeulen.

Alles bij elkaar vormt het estuarium een hoogdynamisch systeem. De schorren, platen en slikken zijn, samen met waddenkwelders, een van de weinige Nederlandse landschappen van internationale betekenis. Hun bescherming is vastgelegd in de Habitatrichtlijn van de Europese Unie.

#### Brakke zone

Bij elk tij gaan enorme hoeveelheden water op en neer. Bij Vliissingen is dat in 24 uur tijd meer dan een miljard kubieke meter zeewater. De afvoer van rivierwater bedraagt gemiddeld tien miljoen kubieke meter. De zee mag het water in de Schelde dan tot Gent opstuwen, dat wil niet zeggen dat ook het zoute water zover komt. In het dorp Schelle, tien kilometer zuidelijk

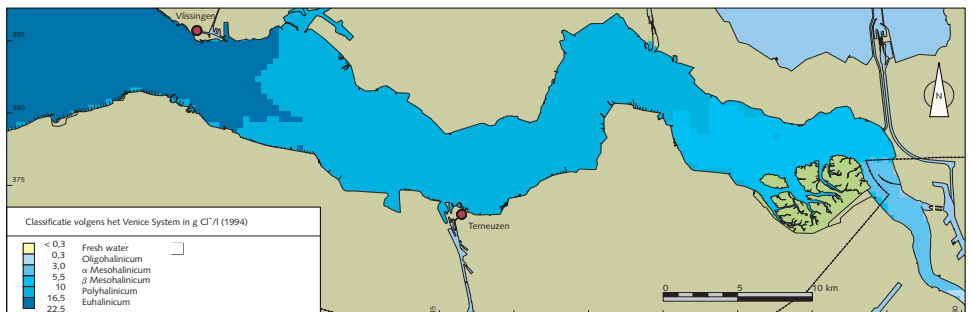
van Antwerpen, is nog nooit zout water waargenomen en dat leidt tot een andere rareiteit van de Schelde. Tussen Gent en Antwerpen vindt puur opstuw-  
ing van zoetwater plaats, een verschijnsel dat op deze schaal in West-  
Europa alleen op het Hollandsch Diep en in de Biesbosch voorkwam, maar  
sinds de afsluiting van het Haringvliet, in 1970, tot het verleden behoort.

De brakwaterzone van de Schelde ligt grofweg tussen Hansweert en  
Antwerpen. Brak wil zeggen dat het chloride-gehalte schommelt tussen  
19 gram per liter water (zout) en 0,3 gram (zoet). Vaste punten ter begren-  
zing van de brakwaterzone zijn niet te geven, omdat allerlei factoren invloed  
hebben op de menging van rivier- en zeewater. Zo voert de Schelde, zoals  
een regenrivier betaamt, meer water af na een regenperiode, met als gevolg  
dat het zout een stapje terug moet doen. Maar in tijden van droogte voert de  
Schelde aanmerkelijk minder water af en kan het zeewater dieper het land  
binnendringen. Het zoute water dringt ook verder de Westerschelde op ten  
tijde van springtij – dat wil zeggen rond volle en nieuwe maan – en veel min-  
der ver bij doodtij (rond eerste en laatste kwartier). Ook een storm op zee –  
en zeker een uit het noordwesten – jaagt het zeewater dieper landinwaarts,  
terwijl een afluende oostenwind het tegenovergestelde bewerkstelligt.

De Schelde heeft, zoals elke rivier op aarde, een grote aantrekkingskracht op  
mensen. Een rivier die uitloopt in een uitgestrekt estuarium biedt behalve  
water en transportmogelijkheden ook vruchtbare grond en een veelheid aan  
voedselbronnen. Het is dus niet verwonderlijk dat mensen zich al in de oud-  
ste tijden tot aan de grenzen van het Schelde-estuarium vestigden. Een van  
de oudste geschriften hierover dateert uit het begin van onze jaartelling, toen  
de Schelde nog een heel andere benedenloop had. De Romeinse gezags-  
drager Plinius rapporteerde in het jaar 42: *'Daar stort de oceaan zich met  
twee tussenpozen per etmaal over een onmetelijk land uit. Bij deze eeuwige  
strijd in de gang van de natuur rijst de vraag of de bodem tot de aarde of tot  
de zee behoort. Daar leeft een armzalig volk op hoge heuvels, of liever op  
door hen met de hand opgeworpen hoogten. Daarop hebben zij hun hutten  
gebouwd. Zij zijn zeevarenden als het water de omgeving bedekt, maar schip-  
breukelingen als het water is teruggeweken. Dan jagen zij de vissen na die met  
het water trachten terug te vluchten. Vee hebben zij niet en zij kunnen zich  
dus niet met melk voeden. Evenmin gelukt het een stuk wild te vangen, aan-  
gezien heinde en ver de zee elk struikgewas heeft weggespoeld. Van riet en*

Menselijke bewoning

**Zoet-zoutverdeling in het Schelde-estuarium** (Figuur: Schelde Informatie Centrum/RIKZ)





*biezen maken zij een soort touw, waarvan zij visnetten knopen. De enige drank die zij kennen, is in kuilen bewaard regenwater in de hal van hun woonstede.'*

#### Veiligheid

De mensen die Plinius aan die buitenste rand van het 'bewoonbare' land aantrof, leefden letterlijk met het water. In alle stadia van de ontwikkelingen die zouden volgen, hebben de Scheldebewoners geprobeerd het water uit hun woonomgeving te weren, al was het alleen maar om droge voeten te hebben en gewassen te kunnen verbouwen. De eerste dijken werden aangelegd, gevolgd door hogere, want keer op keer brak het water er doorheen. Dan werden de binnendijkse bewoners verrast die hun boerderijen, dorpen en steden niet meer op hoogwater hadden ingericht. Paradoxaal genoeg veroorzaakte elke inpoldering een inkrimping van de komberging met als gevolg nog hogere waterstanden! Calamiteiten bleven niet uit. Elke eeuw kent wel een of meer kritieke situaties of overstromingen. In de voorbije eeuw was dat bijvoorbeeld het geval in 1953, 1976 en 1998. De eerste twee jaren ging het om zeewater dat tot ongekende hoogten werd opgezweept, in 1998 zorgde overvloedige regenval ervoor dat de Schelde niet genoeg had aan haar eigen bedding.

#### Sigmaplan

In 1953 werd vooral Zeeland getroffen. Weliswaar braken ook veel dijken langs de Zeeschelde door, maar wonder boven wonder verdrongen er 'slechts' vijf mensen. Anders dan in Nederland waar meer dan 1800 slachtoffers vielen zag de Belgische regering daarom geen aanleiding om een omvangrijk dijkversterkingsprogramma op te zetten. Maar toen zich op 3 januari 1976 nog eens zo'n overstroming voordeed, kreeg Vlaanderen zijn eigen Deltaplan. Het werd vernoemd naar een andere letter van het Griekse alfabet: het Sigmaplan (sigma betekent steun, schraag). Het eerste onderdeel omvat het ophogen van de dijken in het volledige Zeescheldebekken. Met het verzwaren van die 512 kilometer dijk is men inmiddels zo goed als klaar. Wat resteert, is minder dan honderd kilometer.

#### Gecontroleerde overstromingsgebieden

Omdat men voorziet dat ook die hogere dijken niet altijd het gevaar zullen kunnen afwentelen, bestaat het tweede onderdeel van het Sigmaplan uit de aanleg van gecontroleerde overstromingsgebieden. Polders in het vroegere winterbed van de rivier, waar zo goed als geen bebouwing staat, worden met een ringdijk omgeven, waarvan het deel dat langs de rivier loopt, het laagst wordt gehouden. Bij hoge waterstand kan de rivier over deze lage dijk stromen en een deel van zijn watervracht in de polder 'parkeren' zonder dat mensen van huis en haard verdreven hoeven te worden. Op plaatsen waar het er toe doet, moet dit het overstromingsrisico verkleinen. Dertien van zulke gecontroleerde overstromingsgebieden zijn er gepland. Daarvan zijn er al twaalf in gebruik die samen ongeveer 533 ha groot zijn. Deze liggen zowel langs de Schelde als de zijrivieren.

Het laatste en bij verre het grootste gecontroleerde overstromingsgebied is direct ten zuiden van Antwerpen gedacht en wel aan de westelijke oever van de Schelde. Bij Kruikeke, Bazel en Rupelmonde zijn verschillende polders die samen 580 hectare groot zijn, voor dit doel aangewezen. De voorbereidingen zijn inmiddels zo ver gevorderd dat een eerste, zij het betrekkelijk klein, onderdeel in uitvoering is genomen.

In de oorspronkelijke opzet voorzag het Sigmaplan ook nog in de bouw van een stormvloedkering bij Oosterweel, even stroomafwaarts van Antwerpen. Maar vanaf het begin is deze kering omstreden geweest en al in 1985 is besloten om de bouw uit te stellen. Aan dat besluit lagen vooral financiële overwegingen ten grondslag. Latere studies hebben er ook technische twijfels aan toegevoegd. Een constructie die bestand moet zijn tegen drukverschillen van waterstanden die met elke getijslag vele meters op en neer kunnen gaan, vergt een stevig fundament. Het is de vraag of de slappe ondergrond waarop de kering zou komen te staan, het gevaarte zou kunnen dragen. Het definitieve besluit om van de bouw af te zien, is nog altijd niet gevallen, maar in het geactualiseerde Sigmaplan van 2001 staat dat de veiligheid in het Zeescheldebekken ook op een andere manier te vergroten is. Het aanleggen van extra gecontroleerde overstromingsgebieden, vooral in het opwaarts gelegen deel van het estuarium, zou hetzelfde effect teweegbrengen als de stormvloedkering. Daarbij heeft men het oog laten vallen op de gronden langs het zijriviertje de Durme, dat bij Temse in de Schelde uitmondt.

Bouw stormvloedkering  
twijfelachtig

Aan de bijstelling van het Sigmaplan heeft ook bijgedragen de langetermijnvisie voor het gehele Schelde-estuarium die de Vlaamse Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) en de Nederlandse directie Zeeland van Rijkswaterstaat samen hebben opgesteld. Dat deden zij in opdracht van de Technische Schelde Commissie (TSC), een Vlaams-Nederlands samenwerkingsverband voor de Schelde dat al in 1940 is opgericht. In deze visie, die de TSC in 2001 heeft vastgesteld, is veiligheid anders benaderd. Waterbeheersingsplannen moeten niet langer worden ontworpen op basis van beveiliging tegen hoogwaters, maar op basis van beveiliging tegen schade. Daarnaast gaat het in de langetermijnvisie niet langer alleen om veiligheid tegen overstromingen, maar zijn de toegankelijkheid van alle havens langs de Schelde en de natuurlijkheid van het fysische en ecologische systeem even belangrijk geworden. Als streefbeeld formuleert de visie: 'het Schelde-estuarium is in 2030 een gezond en multifunctioneel estuarien watersysteem dat op duurzame wijze gebruikt wordt voor menselijke behoeften'. Integraal waterbeheer heeft daarmee zijn intrede gedaan in het beheer van de Schelde.

Andere veiligheidsbenadering



## Van rivier tot waterweg en smeerpijp

# 3

In het vorige hoofdstuk is de merkwaardige weg-van-de-zee-koers ter sprake gekomen die de Schelde inslaat als hij bij Gent is aangekomen. De verklaring voor die omweg naar zee is in het verre verleden te vinden. Twee miljoen jaar geleden werd Vlaanderen bedekt door een ondiepe zee, waarvan de kustlijn west-oost liep, ter hoogte van waar nu Gent en Mechelen liggen, voordat hij naar het noorden afboog. In die zee mondden allerlei riviertjes uit die alle van de hoger gelegen gronden in het zuiden kwamen. Toen aan het einde van het interglaciaal Tiglien de zee zich in noordelijke richting terugtrok, verlengden ook deze Leie, Schelde, Dender en Zenne hun loop in die richting.

De lange weg naar zee

In de duizenden jaren die volgden, bouwden de veel grotere rivieren Rijn en Maas hun puinwaai in die zee uit en hoogden hem op. Daardoor zat er voor de kleine 'Belgische' riviertjes niets anders op dan hun monding naar het westen te verleggen. De meest oostelijke zagen zich bovendien gedwarsboemd door het Massief van Brabant dat omhoog kwam als gevolg van bodembewegingen die in het Tertiair zijn begonnen en ook nu nog doorwerken. Aan de zuidelijke rand daarvan verenigden deze riviertjes zich in wat nu de Rupel heet en stroomden westwaarts tot waar het Massief van Brabant ophield (ter hoogte van St. Niklaas). Pas daar konden zij samen met de Schelde en de Leie naar de zee in het noordwesten stromen.

Deze Vlaamse Vallei werd in de laatste ijstijd opgevuld met zandige afzettingen, die door de wind in die droge tijd werden opgewaaid tot zandruggen. Deze blokkeerden op den duur de uitweg van de riviertjes naar zee, waarbij hielp dat de stroompjes weinig water hadden af te voeren.

Toen de Rupel vervolgens kans zag eerder in zijn loop een doorbraak naar het noorden te forceren en een smal dalletje uitsleet door het Massief van Brabant, namen de Schelde en de Leie bezit van de westelijke Rupel en gingen zij van dezelfde uitweg gebruikmaken als die de Rupel had gevonden bij wat nu Kruike is. Daarvoor moesten zij dus wel een eindje naar het oosten stromen. Tegen het einde van de laatste ijstijd, het Weichselien, had de Noordzee zich teruggetrokken tot het noordelijk deel en zat Engeland vast aan Europa. De Schelde was toen samen met de Theems en de Maas een zijrivier van de Rijn die pas bij de Doggersbank in de Noordzee uitkwam.

Zijrivier van de Rijn

Een volgende verandering in de loop van de Schelde deed zich voor in het Holocene, toen de ijsmassa's zich terugtrokken rond de polen. De oceanen en hun randzeeën vulden zich met smeltwater. Nu eens langzaam, dan weer snel schoof de kustlijn van de Noordzee naar het zuiden en oosten op. Ongeveer 5500 jaar geleden bestond heel Zeeland – met uitzondering van Zeeuws Vlaanderen – uit een groot getijdengebied van platen, slikken, schorren, zeegaten en een enkele strandwal. De Schelde stroomde daar aan de uiterste oostrand langs, door wat nu de Eendracht is, op weg naar de Maas, waarvan zij nog altijd een zijrivier was. Maar dat zou geen duizend jaar meer duren, want de zee drong verder en verder op, totdat een zeearm

Eigen monding

– laten we die gemakshalve de Oosterschelde noemen – tot aan de Schelde reikte, waarmee de rivier een eigen monding kreeg en dus ophield een zijrivier te zijn. Tot in de nadagen van de Romeinen, in de vierde eeuw van onze jaartelling, zou de Schelde van dit Oosterschelde-estuarium gebruik maken.

#### Delta

Het vertrek van de Romeinen viel samen met het begin van een periode van snelle zeespiegelstijging. Zeeland, waar zich in die voorafgaande periode van langzame zeespiegelstijging een dik pakket veen had gevormd waarop betrekkelijk veel mensen zich hadden gevestigd, kreeg de ene na de andere overstroming te verduren. Grote delen land werden weggeslagen, en het estuarium van de Schelde veranderde in een delta. De zuidelijkste uitloper hiervan mondde in zee uit bij wat nu Vlissingen is en dit zeegat groeide in de loop der eeuwen uit tot de Honte. In het almaar voortdurende proces van opslibbing, afkalving en geulverlegging was deze zeearm rond het jaar 1000 zover naar het oosten opgeschoven dat hij de Schelde al ter hoogte van Woensdrecht en Ossendrecht aantakte, waarna de Schelde meer en meer via deze weg naar zee is gaan stromen en minder via de Oosterschelde. Met het leggen van de dam tussen Zuid-Beveland en Brabant – ten behoeve van de spoorlijn tussen Bergen op Zoom en Vlissingen – in 1867, had de Schelde geen andere keuze dan haar water te lozen via de Honte, of Westerschelde, zoals deze zeearm uiteindelijk is gaan heten.

#### Het tijdperk van de grote ingrepen

Het afdammen van het Kreekrak en het daarmee afbinden van de Oosterschelde als tak van de Schelde was de zoveelste ingreep in de loop van de rivier sinds zich de eerste mensen vestigden in de kuststreek. Daarmee worden niet de prehistorische jagers en verzamelaars bedoeld die met het warmer worden van het klimaat na de laatste ijstijd naar deze streken uitwaaierden. Hun levenswijze heeft geen invloed gehad op het landschap langs de Schelde of de rivier zelf. Dat werd anders toen ruim 6500 jaar geleden landbouwers hun opwachting maakten en de bossen langs de oevers gingen rooien. De erosie die dat tot gevolg had, beïnvloedde het transport- en sedimentatiegedrag van de rivier. Toch waren deze veranderingen lang niet zo ingrijpend als wat vele eeuwen later zou volgen.

De Romeinen zijn waarschijnlijk de eersten geweest die bruggen hebben gebouwd en die de Schelde als scheepvaartroute hebben gebruikt. Dat deden ook de Noormannen die in de achtste en negende eeuw de lage landen bij de zee onveilig maakten. Met hun schepen voeren zij ver de rivier op. In Gent staken zij rond 850 de Sint-Bataafsabdij in brand, na in 836 Antwerpen al eens te hebben verwoest. Toch kan ook dit eerste millennium na Christus beschouwd worden als een tijdvak waarin de menselijk invloed op de omgeving beperkt van omvang bleef.

#### Grootschalige ontginningen

Pas toen de Noormannen tenslotte op hun nummer waren gezet en de streek veiliger werd, durfden er zich meer mensen te vestigen en kwam de grootschalige ontginning van de oevers en de verder weg gelegen gronden goed op gang. Ten zuiden van Gent verdween in de loop van de Middeleeuwen het bosareaal vrijwel helemaal, waardoor de rivierafvoer onregelmatiger werd. Hoge afvoeren in de winter wisselden af met lage afvoeren in het zomerhalfjaar. De winterse afvoer ging gepaard met over-

stromingen en het afzetten van sediment in de vlaktes stroomafwaarts van Gent. Er ontwikkelde zich een patroon van oeverwallen met zandige afzettingen direct naast de rivier met daarachter kleiige komgronden. Die vlakke en vruchtbare alluviale grond leende zich goed voor landbouwtoepassingen. Door de eeuwen heen groeide het aantal nederzettingen en naarmate het economisch belang daarvan groter werd, nam ook de noodzaak om ze te beschermen toe. Rond 1100 vonden de eerste bedijkingen plaats, een nieuwtje dat snel navolging kreeg.

Maar diezelfde dijken die het land erachter bescherming boden tegen hoog water, maakten andere gebieden onveiliger. Het verkleinen van het areaal waarover de rivier vrijelijk kon beschikken, leidde tot hogere stroomsnelheden en die weer tot verbreding en verdieping van de bedding. Omdat ook de zeespiegelstijging nog altijd doorging, kregen delen van de rivier met eb en vloed te maken die dat voorheen nooit hadden gekend. Een goed voorbeeld vormt de omgeving van Temse, waar nog een bocht van de 'oude' Schelde bewaard is gebleven. In vergelijking met de huidige Schelde die daar 10 meter diep en 250 meter breed is, was de oude, getijloze Schelde een onbeduidend stroompje. Die was slechts 75 meter breed en maar enkele meters diep.

Het bedijken van akkers en weilanden bood wel enige, maar geen absolute bescherming. Onder extreme omstandigheden steeg het water tot boven de kruin van de dijk en eisten de zee en de Schelde de overstromingsgronden die hen waren afgepakt, alsnog op. Vooral tussen 1350 en 1600, een periode met veel stormvloed, ging menige polder ten onder. Berucht zijn de zware stormen die leidden tot de Sint-Elisabethsvloed van 1430, de Sint-Felixvloed van 1530 en de Allerheiligenvloed van 1570. De polders ten noorden van Antwerpen die toen verloren gingen, werden lange tijd niet opnieuw ingepolderd. Debet daaraan was dat de bodem van de drooggelegde polders was ingeklonken, of dat het maaiveld was verlaagd door het graven naar turf en de winning van zowel zout als klei (voor de baksteennijverheid). Gecombineerd met een stijgende zeespiegel had dit er voor gezorgd dat de cultuurgronden nog dieper onder zeeniveau waren komen te liggen, waardoor ze na een dijkdoorbraak moeilijker terug te winnen waren. Zo kon het gebeuren dat de Schelde aan het einde van de zestiende eeuw haar grootste kombergingsoppervlakte bereikte.

Geven en nemen

Maar vanaf de zestiende eeuw kwam er – gestimuleerd door welvaart en nieuwe technieken – weer vaart in de inpolderingen. Langzaam drong men het water terug. Aan deze inpolderingsfase is pas in de loop van de twintigste eeuw een eind gekomen. Van de 45.000 hectare die de Westerschelde in 1800 bestreek, is vandaag pakweg eenderde in haven- en industrie-terreinen, akkerland, grasland of binnendijs natuurgebied omgezet, voornamelijk in het Sloegebied, de Braakman, het Hellegat rond het Land van Saeftinge en in het Kreekrakgebied. Ook de totale oppervlakte van de Zeeschelde is in die periode ongeveer met eenderde ingekrompen. Het volledige estuarium met zijn slikken en schorren blijft met zijn 35.000 ha weliswaar een indrukwekkend gebied, maar het onttrekken van 1/3 van de komberging aan het riviersysteem heeft grote gevolgen gehad voor de natuurlijkheid van het systeem en de waterhoogten in het oostelijke deel.

Minder komberging

### Ontwikkeling scheepvaart

Niet alleen de bedijkingen hebben het aanzien van de Schelde veranderd. Ook ten behoeve van de scheepvaart is er drastisch in de rivier ingegrepen. Die rol als vaarroute heeft de Schelde met haar estuarium pas goed gekregen in de loop van de negentiende eeuw. De afschaffing, in 1863, van de Scheldetol deed de scheepvaart een enorme vlucht nemen. Een jaar later meerden al 2753 zeeschepen in Antwerpen af. Een van de eerste ingrepen in de loop van de Schelde vond in Antwerpen zelf plaats. Vanaf 1870 werden de Scheldekaaien rechtgetrokken, waarvoor een behoorlijk deel van de oude stad is gesloopt. Zonder pardon ging over een lengte van bijna een kilometer een strook van honderd meter bebouwing, waaronder de stadsmuur, de St. Walburgekerk en een groot deel van de burcht Het Steen, onder de slopershamer om plaats te maken voor een nieuwe, rechte kaaimuur en een brede kade.

### Meer en grotere havens

Aansluitend werd direct ten noorden van de stad het ene na het andere havendok uitgegraven, waaronder het Kempisch en het Asiadok (beide in 1873) en het Suez-, Lefebvre- en het Amerikadok (alle in 1887). In de twintigste eeuw leek er geen einde aan de groei van het havenareaal te komen. Groter en groter werden de insteekhavens en de sluizen die er toegang toe gaven. De nieuwe haven- en industrieterreinen kwamen ook steeds verder van de stad te liggen. Als sluitstuk van de eerste grote uitbreiding werd in 1928 de Kruisschanssluis (in 1962 omgedoopt in Van Cauwelaertsluis) ingehuldigd. Deze sluis ligt in het verlengde van het rechte stuk Schelde bovenstrooms van Lillo, wat de kapiteins en loodsen van zeeschepen het manoeuvreren door de twee haakse bochten tussen Lillo en Antwerpen bespaart. In de jaren zestig begon een volgende, nog grootschaliger project: de omvorming van de strook land tussen Zandvliet in het noorden en Ekeren in het zuiden. Daar werden het kolossale Churchilldok en de al even grote Kanaaldokken B1, B2 en B3 gegraven. Als toegang voor de zeeschepen werd daarvoor niet ver van de Nederlandse grens de Zandvlietluis gebouwd en voor de binnenvaart het Schelde-Rijnkanaal gegraven. Dit kanaal, dat min of meer de loop volgt van de Schelde uit de lang vervlogen tijd toen deze nog een zijrivier van de Maas was, geeft Antwerpen een goede verbinding met het Ruhrgebied.

Het resultaat van deze expansiedrift was dat aan het einde van de twintigste eeuw de hele rechteroever van de Schelde noordelijk van Antwerpen tot aan de grens met Nederland was veranderd van polderland in havenindustriegebied. En dat er op de andere oever een soortgelijk proces op gang was gekomen. Achter de Kallosluis (gebouwd in 1976) zijn inmiddels het Noordelijk en zuidelijk Insteekdok, het Doeldok en het Vrasenedok aangelegd. Gepland staan nog het Verrebroekdok en het Doorganckdok. Door deze nieuwe uitbreiding van het havengebied wordt het dorp Doel in zijn voortbestaan bedreigd.

### Baggerwerken

Het opschuiven van de havens in de richting van de zee heeft Antwerpen nooit bevrijd van de vrees voor het dichtslibben van de toegangsweg tot de haven. Hoezeer die vrees leefde, mag blijken uit de zevenhonderd publicaties die er alleen al tussen 1830 en 1900 verschenen over de bevaarbaarheid van de Westerschelde. Het op diepte houden van de vaargeul was het enige

dat erop zat om het natuurlijke proces van sedimentatie het hoofd te bieden. Al in 1850 waren er stoombaggermolens op de Schelde te zien, maar de baggervaartuigen groeiden pas echt uit tot een vloot na de Tweede Wereldoorlog, toen de Schelde omwille van de concurrentie ook bij eb toegankelijk moest worden voor diepgaande schepen.

Inmiddels zijn het geen baggermolens meer, maar zandzuigers die het onderhoud van de vaarwegen verzorgen. Waar molens met grote emmers die op een transportband waren gemonteerd, de specie van de bodem schraapten en die leegden in beunschepen of splijtbakken die naast de baggermolen afmeerden, pompen moderne zandzuigers het van de bodem opgezogen zand via transportleidingen rechtstreeks naar een depot op het land.



**Baggerwerken op de Schelde** (Foto: Jan v.d. Broeke, RIKZ)

Maar welke methode ook wordt gehanteerd, wie eenmaal met baggeren begint, moet blijven baggeren. Want in feite ontstaat er door het weghalen van ondieptes een onnatuurlijke situatie die de rivier het liefst zo snel mogelijk ongedaan wil maken. Vooral de toegangseulen naar de sluisen voor de havendokken zouden binnen de kortste keren dichtslibben, omdat deze rustige stukjes water, waar het minder hard stroomt dan in de Schelde zelf, ware 'slibvangers' zijn. Om deze geulen op diepte te houden, is een speciale 'slibschuiver' ontwikkeld: een duwbakachtig vaartuig laat tijdens afgaand tijd een stalen schuif op de bodem zakken en duwt daarmee de specie terug de Schelde in.



## Slibproblematiek

De eerste jaren wist men wel raad met de specie die uit de rivier werd gebaggerd. Die kwam goed van pas bij het opspuiten van weer een nieuw haven-terrein. Maar met het vuiler en vuiler worden van het Scheldewater en daarmee van het slib dat zich op de bodem afzet, gaf dat problemen. Niet zozeer op Vlaams grondgebied, waar men tot aan het einde van twintigste eeuw niet zo zwaar aan het onderwerp tilde, maar wel in het Nederlandse deel van de Scheldemonding.

Voor het permanente baggerwerk dat Vlaanderen op Nederlands grondgebied uitvoert, is vergunning nodig. In de jaren negentig nam Rijks-waterstaat daarin als voorwaarde op, dat de Afdeling Maritieme Schelde van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap jaarlijks een bepaalde hoeveelheid vervuild slib uit de Zeeschelde moest halen om de toevoer van dit verontreinigde rivierslib naar de Westerschelde te beperken. Die hoeveelheid – die werd gesteld op 300.000 ton droge stof per jaar – baggerden de Vlamingen tot voor kort uit de toegangseul naar de sluis bij Kallo. In dit geval werd de specie dus niet terug de Schelde in geschoven, maar getransporteerd naar een depot dat bestond uit enkele diepe putten in de Waaslandhaven bij Doel.

Dit verwijderen had evenwel een onverwacht bijeffect: de kwaliteit van het slib dat de Zeeschelde naar de Westerschelde voerde, verslechterde. Het bevatte meer zware metalen en organische microverontreinigingen dan een jaar of tien daarvoor. Dat was vreemd omdat de sanering van de lozingen die ontegenzeggelijk op gang was gekomen, juist voor schoner slib zorgde. Het rapport “Schonere Schelde door slibverwijdering”, dat in 1998 verscheen, gaf de verklaring: bij Kallo werd meer slib verwijderd dan de rivier aanvoerde, met als gevolg dat er slib uit de rivierbodem ‘losweekte’ en deels naar zee ging stromen. Dit slib uit de jaren zeventig is smeriger dan wat de Schelde de laatste tijd afvoert. De menging met het oude slib zorgde voor de verslechtering van de meetresultaten. Om die reden is in 2001 de bepaling uit de vergunning aangepast: voortaan baggeren de Vlamingen vervuild slib uit een ander, meer stroomopwaarts gelegen deel van de Zeeschelde, of uit een zijrivier. Het slib uit de toegangseul naar Kallo wordt voortaan, net als bij de andere sluizen, teruggeschoven in de Schelde.

## Drempels

Het groter worden van de zeeschepen maakte dat de havenautoriteiten van Antwerpen zwaardere eisen gingen stellen aan de breedte en diepte van de vaargeul in de Westerschelde. De Belgen waren al omstreeks 1900 met baggeren begonnen. Toen ging het nog vooral om het slechten van de drempels in het oostelijk deel van de Westerschelde, zoals die van Valkenisse, Bath en Zandvliet. Geleidelijk zijn daar bijgekomen de drempels van Hansweert, Baarland en Borssele, de Platen van Walsoorden, en de Overloop van Hansweert.

Drempels komen in alle geulen van het Schelde-estuarium voor. Ze ontstaan op de overgangen in de bochten, waar de vloed- en ebstroom niet in hetzelfde deel van de geul zijn geconcentreerd en soms zelfs afzonderlijke zijgeulen vormen. De eb-bedding is meestal dieper en vormt het duidelijkst een doorgaande geul. De vloedbedding wijkt hiervan af en gaat over in een zijgeul, ook wel vloedschaar genoemd. Nu eens liggen de eb- en vloed-



**Containervvaart op de Schelde** (Foto: Jan v.d. Broeke, RIKZ)

bedding in elkaars verlengde, dan weer langs elkaar. Het overgangsgebied wordt gevormd door een ondieper plateau, de eigenlijke drempel. Van nature zijn drempels een meter of vijf ondieper dan de geulen, maar omdat er intensief wordt gebaggerd, zijn ze tegenwoordig nauwelijks te herkennen.

In 1995 sloten Vlaanderen en Nederland een verdrag over de verruiming van de vaargeul. Tot dan toe werd gebaggerd op basis van '44/40/34 voet'. Dat wil zeggen dat schepen met een maximale diepgang van 44 voet in één getij naar Antwerpen kunnen varen; dat schepen met een diepgang van 40 voet in één getij van Antwerpen de Westerschelde kunnen afvaren en dat schepen met een maximale diepgang van 34 voet onafhankelijk van het getij op de Westerschelde kunnen varen. Volgens het verdrag veranderen die getallen respectievelijk in 48, 43 en 38 voet. Om dat mogelijk te maken worden wrakken en andere obstakels verwijderd, wordt op sommige plaatsen de vaargeul verruimd en worden geulranden verstevigd. In 1997 is met deze werkzaamheden een begin gemaakt.

Verdieping van de vaargeul

Het zand dat bij dit werk wordt opgebaggerd, wordt op andere plaatsen in de Westerschelde teruggestort. Dat houdt het relatief goedkoop en heeft als voordeel dat het zand niet aan het natuurlijke systeem wordt onttrokken. Anderzijds betekent het dat het zand snel op zijn oude plaats terug is. Daarom zijn nieuwe stortplaatsen aangewezen die westelijker, dicht bij de monding, liggen.

Alle ontwikkelingen samen hebben er toe geleid dat er veel meer gebaggerd wordt. Eind jaren zestig van de afgelopen eeuw bedroeg de jaarlijkse hoeveelheid baggerwerk voor het onderhouden van de vaargeul naar alle

## Verontreiniging van alle tijden

havens aan de Schelde slechts 4,7 miljoen kubieke meter, nu is dat opgelopen tot bijna 14 miljoen kubieke meter.

De tijd dat er schoon water door de Schelde stroomde, ligt ver achter ons. Maar het is een misvatting te denken dat vervuiling een bijverschijnsel is van de Industriële Revolutie en pas aan het einde van de negentiende eeuw voor het eerst van zich deed spreken. Al in de Middeleeuwen was het droevig gesteld met de waterkwaliteit, zij het dat de omvang toen beperkt bleef tot de omgeving van de steden en dat het water de kans kreeg zich min of meer te zuiveren voor het de volgende bevolkingsconcentratie bereikte.

Stadsbewoners uit die tijd beschouwden het langsstromende water als een makkelijke manier om van hun afval af te komen. Slachtafval, etensresten, krenge, maar ook het niet-organische afval van leerlooierijen, ververijen, (koper)smederijen en andere ambachtelijke bedrijvigheid, alles werd in de rivier gekieperd. Het gebruik van de rivier als vuilnisvat heeft zijn uitwerking niet gemist. Archeologen menen daar nu nog de bewijzen voor te kunnen leveren. Uit nauwkeurig onderzoek van de inhoud van beerputten kunnen zij afleiden wat mensen aten. Daaruit hebben zij kunnen concluderen dat bepaalde vissoorten steeds minder op het menu van de stadsmensen prijken en dat alleen paling door de eeuwen heen een vooraanstaande plaats bleef innemen. Paling is een vissoort die het best organische vervuiling kan weerstaan.

Ook al bestaat vervuiling dan al langer, onmiskenbaar is zij met de opkomst van de industrie verergerd. Wat in de negentiende eeuw begon met textiel- en metaalfabrieken, omvat inmiddels het hele scala aan industriële activiteiten. Vooral na de Tweede Wereldoorlog ging het snel.

## De zwarte jaren

Met de vaststelling van het Tienjarenplan voor de Antwerpse haven, halverwege de jaren vijftig, moedigde de Belgische regering de komst van buitenlandse investeerders aan. Met succes. Esso en SIBP (het tegenwoordige FINA) openden raffinaderijen, en bedrijven als Petrochim, Cobénam and Amoco Fina bouwden chemische fabrieken op de rechteroever van de Schelde. Halverwege de jaren zestig voegden zich daar de chemiereuzen Solvay, Polysar, Bayer, BASF, Monsanto en Degussa bij. Tot in de jaren zeventig breidde deze reeks zich uit, nu met Petrofina, Exxon Chemical, Bayer, BP, Union Carbide (nu Praxair Production geheten), 3M, Rhône-Poulenc, Haltermanc, en als laatste, in 1978, het Duitse Henkel (later omgedoopt in Aqualon/Hercules).

Ook de zone langs het Kanaal van Gent naar Terneuzen was geliefd bij allerhande bedrijven en aan de monding met de Westerschelde vestigde zich Dow Chemical. Aan de overzijde van de Westerschelde veranderde het Sloe in een industrieterrein en tot slot verzezen op vrij korte afstand van elkaar nog de kerncentrales van Borssele en Doel.

Juist in die jaren zestig en zeventig moest het milieubewustzijn van bedrijven nog 'ontwaken' en was het eerder regel dan uitzondering dat het afvalwater via een eenvoudig lozingspijpje in de (Wester)Schelde verdween.

De waterkwaliteit verslechterde na 1960. Alleen al de bedrijven die waren aangesloten bij de VIBNA (de vereniging van industriële bedrijven in Noord-



**Een blik op het Antwerpse industriegebied** (Foto: Jan v.d. Broeke, RIKZ)

Antwerpen) loosden begin jaren zeventig meer dan 3 miljoen inwoner-equivalenten aan zuurstofbindende stoffen. Een deel van de Zeeschelde en de Westerschelde was in die jaren nagenoeg zuurstofloos en dus dood.

Het rapport van de Club van Rome en het van kracht worden in Nederland van de Wet Verontreiniging oppervlaktewateren (1972) betekenden een keerpunt. Vanaf 1980 zijn rioolwaterzuiveringsinrichtingen in gebruik genomen bij onder andere Bath, Waarde en Vlissingen. Bedrijven als Hoechst (in Vlissingen) en Dow (Terneuzen) verminderen hun lozingen van cadmium en lood respectievelijk benzeen, terwijl hun productie toch toenam.

In Vlaanderen leidde de Kaderwet van 1971 op de bescherming van de oppervlaktewateren tegen verontreiniging (VLAREM I en II) tot vermindering van de belasting van het oppervlaktewater door de industrie, al waren daar nog wel aansporingen voor nodig.

Bijvoorbeeld van milieuorganisaties als de Stichting Reinwater die het grote publiek wezen op de misstanden. De publicatie van het rapport "België, Afvalwater en Beleid" (1992) was zo'n aansporing. Een enkel citaat illustreert de noodzaak: 'Vanaf het industrieterrein De Bruwaan te Oudenaarde lozen verschillende bedrijven hun afvalwater op de Diepebeek via twee collectoren (...) zodat de beek als symbool voor falend beleid al jaren een rode streep door het landschap trekt. De lozing kenmerkt zich door hoge concentraties zware metalen, fenol, organochloorverbindingen en styreen.'

Kentering

In enkele gevallen was een rechtszaak, een kort geding en behandeling in hoger beroep nodig om bedrijven te dwingen zich te houden aan de vergunningen. Dat gold bijvoorbeeld voor Sopar Chemie in Zelzate. Deze verwerker van steenkoolteer tot grondstoffen voor geneesmiddelen en kleurstoffen begon tijdens het proces met de bouw van een nieuwe zuiveringsinrichting, waarna de concentratie pak's daalden tot het in de vergunning toegestane maximale niveau.

Voordat deze eerste aanzetten tot verbetering ook echt leidden tot zichtbare resultaten, zou de Schelde nog jarenlang een trieste aanblik bieden. Door het fraaie Vlaamse landschap tussen Gent en Antwerpen kronkelde begin jaren negentig nog altijd een zwart lint, waaruit een lucht van rottingsverschijnselen opsteeg.

Op 26 april 1994 was het zover. De regeringen van Frankrijk, Nederland, het Waalse Gewest en het Brussels Hoofdstedelijke Gewest ondertekenden het Verdrag inzake de bescherming van de Schelde. In januari van het er op volgende jaar tekende ook de regering van het Vlaams Gewest. Met het zetten van hun handtekening verplichtten zij zich tot het gezamenlijk terugdringen van de vervuiling van de rivier. De partijen zijn overeengekomen zich te laten leiden door het voorzorgbeginsel. Dat wil zeggen dat de beheersing en vermindering van verontreinigingen met voorrang aan de bron moeten plaatsvinden. Verder hanteren zij het beginsel dat de vervuiler betaalt.

De Internationale Commissie voor de Bescherming van de Schelde (ICBS) die met de ondertekening in het leven is geroepen, heeft onder meer als taak de gegevens over de bronnen van verontreiniging te verzamelen en om streefdoelen op te stellen die het ecosysteem van de Schelde moeten behouden en verbeteren. Ook moet de ICBS als kader dienen voor de uitwisseling van informatie over het waterbeleid en de projecten die een grensoverschrijdend effect hebben op de kwaliteit van het Scheldewater. Tot slot moet zij stimuleren dat de deelnemende partijen samenwerken bij het doen van wetenschappelijk onderzoek op fysisch, chemisch en ecologisch terrein en naar de visstand.

Meteen na haar instelling heeft de commissie drie werkgroepen ingesteld: 'Waterkwaliteit', 'Emissies' en 'Grensoverschrijdende samenwerking en gemeenschappelijke leefmilieuprojecten'. Binnen de werkgroep Emissies is nog de subwerkgroep 'Calamiteuze verontreiniging' ingesteld. De werkgroepen moeten de bouwstenen aandragen voor het Schelde-Actieprogramma.

Op de valreep van 1998 presenteerden de betrokken ministers van Frankrijk, Wallonië, Brussel, Vlaanderen en Nederland het eerste actieprogramma dat zich vooral richt op de korte termijn: de jaren tot 2003. De meeste acties zijn vooral bedoeld om de waterkwaliteit van de Schelde te verbeteren en dan vooral de zuurstofhuishouding.

De waterkwaliteit kon ten tijde van de installatie van de ICBS ronduit slecht worden genoemd. De verklaring daarvoor is dat de rivier, zoals de meeste waterlopen, lange tijd is beschouwd als een natuurlijke afvoerweg voor al het afval, zowel het vloeibare als het vaste. De meeste mensen gingen ervan uit dat de verdunning groot genoeg was, zodat ernstige verontreinigingen wel zouden uitblijven. Verder schreven zij de rivier een groter zelfreinigend vermogen toe dan deze in feite had. Ook heel menselijk was het om bij het zoeken naar zo laag mogelijke productiekosten geen acht te slaan op de gevolgen van het productieproces voor het milieu. Voeg daarbij het gegeven dat het stroomgebied van de Schelde de dichtstbevolkte delen van Europa omvat, waar de landbouw intensief wordt bedreven, waar zich veel (chemische) industrie heeft gevestigd, waar veel vervoer plaatsvindt – niet alleen

Verdrag inzake de bescherming  
van de Schelde

De Internationale Commissie voor  
de Bescherming van de Schelde

Schelde-Actieprogramma

van personen, maar ook van goederen – en het is duidelijk dat de afvalstromen omvangrijk zijn.

De kaartjes over de biologische waterkwaliteit en de zuurstofkwaliteit van het Vlaamse deel van de Schelde, die in het eerste ICBS-rapport (uit 1994) zijn opgenomen, tonen dat overduidelijk aan. Op beide overheerst de gevaar kleur rood, het veilige groen komt alleen in de legenda voor. De kaart over de biologische kwaliteit geeft aan dat die voor de hele rivier, met uitzondering van twee kleine – geel gekleurde – stukjes stroomafwaarts van Gent, als slecht (lichtrood) of zelfs zeer slecht (donkerrood) valt te kwalificeren. De kaart over de zuurstofhuishouding heeft alleen de roodtinten nodig om de verschillen aan te geven: de lichte voor 'verontreinigd' en de donkere voor 'zwaar verontreinigd'.

#### Homogeen meetnet Schelde

Bij de instelling van de Internationale Commissie voor de Bescherming van de Schelde (ICBS) hebben de aangesloten landen besloten een homogeen meetnet op te zetten om de kwaliteit van het water te kunnen vaststellen en de veranderingen te kunnen volgen.

Het was geen eenvoudige zaak om tot zo'n eenduidig meetnet te komen, omdat het meten van stoffen impliceert dat er doelstellingen zijn en dat als de metingen hoger uitvallen er – kostbare – maatregelen moeten worden genomen om de doelstellingen te halen. Daarom is de eerste jaren besloten niet veel meer te meten dan de nutriënten stikstof en fosfor en het zuurstofgehalte. In de loop der jaren is het homogene meetnet uitgebreid met de zware metalen cadmium, koper en zink, enkele pak's en de bestrijdingsmiddelen lindaan, atrazine, simazine en – met ingang van januari 2001 – dimazine.

De Europese Kaderrichtlijn Water zal een verdere uitbreiding van het meetnet tot gevolg hebben. De verwachting is dat 'Brussel' de verplichting zal opleggen om ook de lijst met stoffen die eigenlijk al niet meer hadden mogen voorkomen in Europa, aan het meetprogramma toe te voegen.

Ook over de methode van meten bestaan verschillen van inzicht. Er zijn landen die vinden dat de Europese normen aangehouden moeten worden, andere stellen zich op het standpunt dat de methode aan het betreffende land overgelaten kan worden, zolang de resultaten maar te vergelijken zijn. In de praktijk komt het erop neer dat de tweede methode toepassing vindt, waarbij het systeem van ringtesten – wat inhoudt dat elk laboratorium zijn bevindingen door een reeks andere laat controleren – borg staat voor het 'vergelijkbaarheidsprincipe'.

Het homogene meetnet bestaat nu veertien punten tussen bron en monding van de Schelde. Eens in de vier weken vindt op elk punt een monsternam plaats. Daarbij gaat het alleen om watermonsters, het sediment blijft buiten de monitoring. Ook daarover bestaat binnen de ICBS onenigheid: sommige landen vinden dat slib en sediment juist wel deel moeten uitmaken van het meetprogramma omdat zich daaraan veel verontreinigingen hechten.

#### Eerste lichtpunten

De ICBS concludeert in haar eerste rapport uit 1994 dat vooral de kwaliteit van de middenloop van de Schelde slecht is. Als schuldige wijst de commissie naar de zijrivieren de Haine, de Scarpe, het Spierekanaal, de Grote

Spierebeek, de Zwarte Spierebeek en de Rupel. De twee lichtpuntjes stroomafwaarts van Gent schrijft de ICBS toe aan de inspanningen van overheid en industrie om saneringsmaatregelen te treffen. De ervaring is in ieder geval niet te danken aan de toevloed van schoon, helder water uit de Leie. Dat water is even vuil, maar wordt snel nadat het zich in Gent in de Schelde heeft gestort, samen met een deel van het Scheldewater afgeleid naar het Kanaal Gent-Terneuzen. Het kan met andere woorden geen afbreuk doen aan de 'opleving' die het Scheldewater hier even te zien geeft.

De verbetering die begin jaren negentig zeewaarts van Antwerpen te zien was, kwam volgens de ICBS voor rekening van de getijdenwerking die een verdunningseffect teweegbracht.

Het eerste rapport van de ICBS sloot af met de constatering dat een belangrijk deel van de totale emissies in het stroomgebied van de Schelde werd veroorzaakt door niet-gezuiverde lozingen. Uit de zin die daarop volgde: 'Alle verdragspartijen voeren omvangrijke investeringsprogramma's uit die mede zijn gericht op het halen van de doelstellingen uit de Europese Richtlijn voor de behandeling van stedelijk afvalwater', is de hoop te putten dat het ergste achter de rug is.

Aan het begin van het nieuwe millennium valt vast te stellen dat er inderdaad vooruitgang is geboekt. De zuiveringsgraad – het percentage inwoners waarvan het afvalwater effectief wordt gezuiverd in een rioolwaterzuiveringsinrichting – die in 1985 nog maar 27 procent bedroeg, was halverwege de jaren negentig al opgelopen tot 38 procent en bedraagt nu 50 procent.

#### Verdere sanering

Volgens een overzicht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) zijn er in de jaren negentig ruim tachtig zuiveringsinrichtingen bijgebouwd en na 2000 nog eens tien in gebruik genomen. Daarmee kwam het totaal dat eind 2000 in het Vlaamse deel van het stroomgebied van de Schelde operationeel was, op 180 rwzi's. Daarnaast zijn er nog eens 130 voorzien, waarvan de meeste overigens niet zo veel capaciteit hebben als de bestaande. In juni 2000 keurde de Vlaamse regering het meerjarenprogramma 2002-2005(2006) goed.

In Frankrijk is in de jaren negentig een dozijn rwzi's in gebruik genomen en zijn er vijftien zodanig gemoderniseerd dat zij ook in staat zijn om fosfaat en stikstof uit het effluent te verwijderen.

In Nederland zijn er in de jaren negentig geen nieuwe rioolwaterzuiveringsinrichtingen bijgekomen. Wel zijn of worden de elf inrichtingen die op de Westerschelde lozen, uitgerust met technieken waarmee meer fosfaat en stikstof kan worden verwijderd. Daarmee stijgt het rendement van de rwzi's op dat punt van 45 tot ruim 75 procent. De rwzi van Hulst is als volgende aan de beurt om zo'n modernisering te ondergaan. Daarnaast maken de waterschappen Zeeuwse Eilanden en Zeeuws Vlaanderen werk van het aansluiten van de vele honderden afgelegen boerderijen en huizen op de riolering. Als dat gezien de kosten niet rendabel is, zullen iba's (installaties voor individuele behandeling van afvalwater) worden geplaatst. In 2005 mag geen enkele woning meer ongezuiverd rioolwater lozen op een poldersloot of buitenwater.



## Effect op de natuur

De eerste zichtbare tekenen dat de Schelde schoner is geworden, zijn er. Sommige vogelsoorten zijn duidelijk in aantal toegenomen. Er zijn aanmerkelijk meer wintertalingen geteld, het aantal kraakeenden is verdrievoudigd en tafeleenden, waarvan er begin jaren negentig hooguit enkele honderden op de Zeeschelde te zien waren, komen nu weer in duizendtallen voor. Ook wilde eenden, pijlstaarten, kuifeenden, meerkoeten en bergeenden laten zich in grotere aantallen zien. De toename van wintertalingen houdt waarschijnlijk verband met de explosie van wormen (*Oligochaeta*) die in de slikken van de zoetwatergetijdengebieden is geconstateerd.

Een volgende aanwijzing vormt het herstel van de populatie finten stroomafwaarts van Antwerpen. In 1996 trof een visser uit Lillo voor het eerst drie meivissen, zoals finten in de volksmond heten, aan in zijn fuiken toen hij die in de bocht van Bath lichtte. Inmiddels is dat aantal opgelopen tot boven de 200. Een soortgelijk verloop vertonen de waarnemingen die bij de koelwaterinlaat van de kerncentrale bij Doel worden gedaan.

## Vissterfte bij inlaatpunten

Inlaatpunten voor koelwater zijn berucht vanwege de vissterfte die ze veroorzaken. Vooral jonge vissen zijn niet in staat de sterke stroom te weerstaan en worden de fabriek of de elektriciteitscentrale ingezogen waar ze in botsing komen met roosters of filters. Als ze dit al overleven, komen ze gewond terug in de rivier en bezwijken dan vaak alsnog.

De kerncentrales van Doel stonden tot voor kort bekend als grote visdoders. Het aantal vissen en garnalen dat er jaarlijks de dood vond, bedroeg maar liefst honderd miljoen stuks. Een groot deel daarvan was jonge vis, wat deels te verklaren is uit het feit dat de Zeeschelde voor veel vissoorten de kraamkamer is. In het voorjaar waren het trekvisen als bot, rivierprik en harder die op de roosters terechtkwamen, 's zomers waren het vooral krabben en garnalen, terwijl de wintermaanden meer haring, sprot, zeebaars en vele soorten zoetwatervis te zien gaven. Al deze dieren werden verzameld in een container en uiteindelijk verbrand.

Garnalen, krabben, platvissen, palingen, stekelbaarzen en rivierprikken overleven de tocht door een pompstation meestal wel, omdat zij als 'bodemdieren' tegen een stootje kunnen en de onzachtzinnige aanraking met de spijlen van roosters kunnen verdragen. Haringachtigen daarentegen lopen na elke vorm van contact infecties op, waaraan ze binnen een paar uur bezwijken. Grondels die weer in de rivier terugkeren, houden het wat langer vol, maar sterven na een paar dagen alsnog als gevolg van stress of aan de verwondingen die ze hebben opgelopen.

## Visgeleidingssysteem

Om een einde te maken aan de enorme vissterfte in het waterpompstation van de kerncentrales in Doel, is onlangs een visgeleidingssysteem in gebruik genomen dat werkt met geluiden. Het systeem bestaat uit 24 boxen die een sterk geluidssignaal (175 decibel) met een grote frequentie uitzenden. Het lawaai moet de vissen afschrikken en uit de buurt van de innamepunten houden. Vooral vissen met een zwemblaas zijn gevoelig voor geluid, omdat dit orgaan de trillingen opvangt.

Tests hebben uitgewezen dat het aantal vissen dat de installatie wordt ingezogen, met de helft is afgenomen. Vooral haringen zijn erbij gebaat, hun aan-

tal is met 95 procent afgenomen, terwijl zeebaars en sprat een afname te zien gaven van 90 procent.

Vissen en garnalen die toch door de mazen van het afweersysteem glippen, komen na de recente aanpassingen in het pompstation sneller in de Schelde terug, wat de kans op verwondingen verkleint. Al met al is de impact van de centrales op de vis- en garnalenpopulaties met 90 procent afgenomen.

De aanwezigheid van fint in de Schelde kan niet anders dan duiden op een toename van het zuurstofgehalte, want deze vis laat het simpelweg afweten als het zuurstofgehalte lager is dan  $3 \text{ mg/l}^{-1}$ .

Zeehonden

Een andere indicatie dat de waterkwaliteit verbetert, kan het aantal getelde zeehonden in de Westerschelde zijn. In het verre verleden waren ze talrijk, maar in de tweede helft van de jaren tachtig waren ze nog maar op de vingers van één hand te tellen. In de daaropvolgende jaren zette een lichte stijging in, tot boven de tien in 1995. Inmiddels zijn dat er twintig, maar omdat er in 1997 en daarna ook zeehonden zijn uitgezet, kan die aanwas niet alleen op het conto van de verbeterde waterkwaliteit worden geschreven.



## De feitelijke kwaliteit van het Scheldewater

# 5

Het ergste is achter de rug. Weliswaar is de tijd dat het water van de Schelde zwart en stinkend richting zee stroomt, nog niet voorbij, maar de sanering van lozingen door bedrijven en de bouw van rioolwaterzuiveringsinrichtingen heeft verbetering te zien gegeven.

Milieuwetgeving

Daarvoor heeft de milieuwetgeving gezorgd. Zo is van 527 bedrijven in Vlaanderen de vuilvracht spectaculair afgenomen. Samen waren ze voorheen goed voor bijna de helft van de totale emissie van bedrijven waar debiet- en concentratiemetingen plaatsvinden. Een paar cijfers: tussen 1992 en 1996 nam de hoeveelheid geloosde zwevende stof af met 95 procent, die van zware metalen met 67 procent en de hoeveelheden stikstof en fosfor met achtereenvolgens 43 en 31 procent.

Ook de zuurstofhuishouding is verbeterd. Toch zijn dergelijke successen geen reden om achterover te leunen. Dat mag blijken uit onderstaand overzicht van enkele stoffen die nog altijd in het milieu van de Westerschelde worden gemeten en die het gezond functioneren van het ecosysteem in de weg staan.

Polychloorbifenyyl (pcb) is de verzamelnaam voor 209 nauw verwante – veelal giftige – stoffen die worden gerekend tot de organische micro-verontreinigingen waartoe ook de pak's (zie hierna) en gewasbeschermingsmiddelen horen. Elke afzonderlijke pcb is voorzien van een nummer dat oploopt naar gelang het percentage chloor toeneemt.

Pcb's

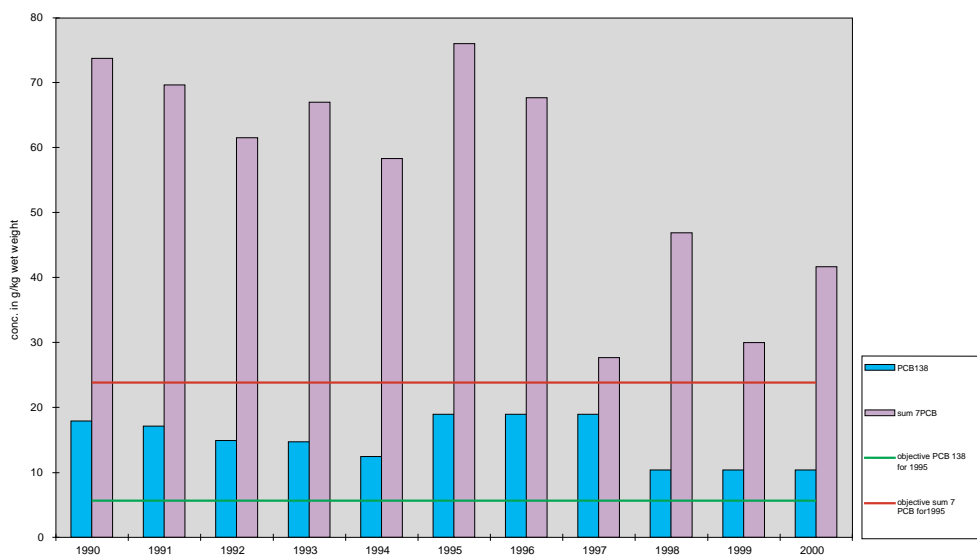
Pcb's komen niet van nature voor, maar door hun vele toepassingen in tal van producten hebben zij zich in de loop der jaren overvloedig in het milieu verspreid. Dat is voor een groot deel het gevolg van lekkende transformatoren en hydraulische systemen. Eenmaal in het milieu beland zijn ze nauwelijks te verwijderen, gezien hun moeilijke oplosbaarheid in water. De mate waarin zijn oplossen, neemt bovendien af met het nummer. Zwevend in het water hechten zij zich aan organisch materiaal en belanden daardoor in de voedselketen. Het pcb-gehalte in het voedsel van vogels en zeehonden is zo hoog, dat sommige wetenschappers vrezen dat het de voortplanting nadelig beïnvloedt.

Begin jaren negentig kwam het overgrote deel van de pcb's dat in het slib van de Westerschelde is bezonken, met de Schelde mee uit België. Zo kwam er in 1991 alleen al vier kilo pcb's de grens over, terwijl daar uit het Kanaal van Gent naar Terneuzen nog eens zo'n 70 gram aan werd toegevoegd. (Dat lijkt niet veel, maar pcb's zijn al in minieme hoeveelheden schadelijk.) Ook Nederlandse bronnen voegden nog enkele tientallen grammen toe. De concentraties in het organisch materiaal nemen van oost naar west af, omdat de zee materiaal met een lager gehalte aanvoert en dit mariene materiaal zich mengt het fluviatiele.

Omdat pcb's zich ophopen in organismen, worden deze gebruikt om de situatie te bepalen. Voor deze vorm van monitoren met organismen – bio-

monitoring genaamd – worden vaak mosselen gebruikt, omdat deze dieren makkelijk te verzamelen zijn en een groot verspreidingsgebied hebben.

In de figuur is de ontwikkeling van de pcb-gehalten in mosselen uit de Westerschelde te volgen. De zeven pcb's die bij elkaar zijn gevoegd, zijn de pcb's 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180. De groene en rode lijnen geven de doelstellingen aan uit het Beleidsplan Westerschelde, dat in 1991 door het Bestuurlijk Overleg Westerschelde is vastgesteld. Volgens deze doelstelling zouden de pcb-gehalten in bodemdieren in 1995 al met 80 procent moeten zijn verminderd en in 2001 met ten minste 90 procent. De figuur toont aan dat er weliswaar sprake is van een daling van de zeven pcb's samen, maar dat de doelstelling niet is gehaald.



**PCB-gehalten in mosselen uit de Westerschelde 1990-2000** (Bron: Schelde Informatie Centrum/RIKZ)

#### Pak's

In tegenstelling tot pcb's komen polycyclische aromatische koolwaterstoffen (pak's) wel van nature voor, zij het in lage gehalten. Zij ontstaan bijvoorbeeld bij bosbranden. Verreweg de meeste pak's komen door onvolledige verbranding in het milieu terecht. Ook in teerproducten en gecreosoteerd hout komen deze chemische verbindingen voor. In het water hechten zij zich net als pcb's aan organisch materiaal. In dieren hopen zij zich op in het vetweefsel.

Tot de zware pak's hoort fluorantheen, dat als gevolg van zijn hoge molecuulgewicht moeilijk oplosbaar is in water. Sommige pak's zijn kanker-verwekkend.

Doordat pak's vooral aan organisch materiaal zijn gebonden en organisch materiaal op zijn beurt een aanmerkelijk deel kan uitmaken van slib, komen pak's vooral voor in gebieden waar slib bezinkt. De concentraties in de

Westerschelde nemen van oost naar west af, omdat de zee organisch materiaal met een lager gehalte pak's aanvoert en dit mariene materiaal zich mengt met het fluviatiele.

Opnieuw zijn de Schelde en het Kanaal van Gent naar Terneuzen belangrijke aanvoerders van pak's, maar ook industriële bedrijven rond Vlissingen hebben behoorlijk bijgedragen aan de verontreiniging. De belasting van het milieu met fluorantheen is in de jaren tachtig en negentig aanzienlijk vermindert, maar het gehalte is nog altijd enkele keren hoger dan dat van de Rijn. De streefwaarde is nog niet gehaald.

Cadmium hoort met andere zware metalen, zoals koper, zink, lood, arseen, kwik, nikkel, chroom en kobalt tot de anorganische microverontreinigingen. Deze metalen horen van nature thuis in het Scheldewater, omdat ze eroderen uit gesteentes die in het stroomgebied van de Schelde voorkomen. Wel gaat het in natuurlijke omstandigheden om uiterst kleine hoeveelheden en juist in dergelijke lage concentraties zijn ze essentieel voor talrijke organismen. Dat gaat overigens niet op voor alle sporenmetalen. Koper is in hoge mate essentieel, maar cadmium niet. Voor alle sporenmetalen geldt dat zij in hoge concentraties giftig worden en dat zij zich ophopen in de organen van dieren.

**Cadmium**

De belasting van het Schelde-estuarium met cadmium komt tot stand via een groot aantal puntbronnen, zoals de metallurgische industrie en ertsverwerkende bedrijven. Tot de diffuse bronnen horen batterijen, verf en plastic waarin cadmium als kleurstof is gebruikt.

Ook sporenmetalen hechten zich aan slib en organisch materiaal, zodat ze zich vooral ophopen in gebieden waar slib sedimenteert. De concentraties in de Westerschelde nemen van oost naar west af, omdat de zee organisch materiaal en slib met lagere gehalten cadmium aanvoert en dit mariene materiaal zich mengt met het fluviatiele. De aanvoer uit België is vele malen groter dan wat er op Nederlandse bodem aan wordt toegevoegd. Wat er bij Zandvliet de grens overkomt, bedraagt 95 procent van de concentratie die in het Scheldewater wordt gemeten. Toch is de bijdrage van de Schelde aan de vervuiling van de Noordzee kleiner dan die van Maas en Rijn. De streefwaarden voor zowel cadmium als de overige zware metalen zijn niet gehaald, alleen arseen vormt een uitzondering.

Stikstof is een voedingsstof die net als fosfor en koolstof een natuurlijke en elementaire bouwsteen is voor de cellen van planten en dieren. In het oppervlaktewater komt stikstof in verschillende vormen voor: ammonium, nitriet, nitraat, als opgeloste organische stikstofverbinding en als particulier stikstof. Als er te weinig stikstof of fosfor in het water aanwezig is, stagneert de vorming van plantaardig materiaal, met name de groei van algen.

**Stikstof**

Omgekeerd zorgt een teveel aan nutriënten voor overmatige algengroei, wat kan leiden tot de gevreesde 'groene soep'. In de Westerschelde speelt dit probleem overigens niet, omdat het water – als gevolg van het vele sedimenttransport – zo troebel is, dat de algengroei bij gebrek aan zonlicht stagneert.

Stikstof komt in de Westerschelde terecht door het organisch afval dat de

natuur zelf produceert en door het gebruik van kunstmest in de landbouw, dat na uitspoeling in het oppervlaktewater belandt. Ongeveer 80 procent van de stikstof komt in opgeloste anorganische vorm (als nitraat, nitriet of ammonium) in het oppervlaktewater voor.

In 1991 voerde de Schelde bij Rupelmonde bijna 35.000 ton stikstof aan. Tussen Rupelmonde en Vlissingen kwam daar nog een kleine 25.000 ton bij. Van de totale stikstofbelasting van de rivier stroomde viervijfde de Noordzee in. Deze 47.000 ton was bijna evenveel als wat de Eems of de Theems aanvoerden, maar aanmerkelijk minder dan de bijdrage van Rijn en Maas.

De afgelopen jaren zijn de stikstofconcentraties gestaag afgenomen. Die daling komt voor een groot deel doordat in het Nederlandse deel van het estuarium waterzuiveringsinrichtingen zijn uitgebreid met technieken die ook stikstof en fosfaat kunnen verwijderen.

#### Paradox van het Schelde-estuarium

Overigens neemt de hoeveelheid stikstof bij de Belgisch-Nederlandse grens sinds 1996 weer toe. Die groei wordt vreemd genoeg toegeschreven aan de verbetering van de waterkwaliteit en de daarmee gepaard gaande stijging van het zuurstofgehalte. Meer zuurstof is bruikbaar voor het denitrificatieproces, waarbij stikstof, met name nitraat, wordt omgezet in stikstofgas (en in mindere mate lachgas). Dit proces werkt alleen onder zeer zuurstofarme condities. De achterliggende oorzaken van wat de paradox van het Schelde-estuarium is gaan heten: schonere, zuurstofrijker water en toch meer stikstof, zijn nog niet duidelijk.

De doelstellingen voor de industriële lozingen voor stikstof zijn gehaald, maar die van fosfor nog niet. Zowel de Westerschelde als de Beneden Zeeschelde vertonen fosforconcentraties die een à twee ordegrottes hoger zijn dan de verwachte natuurlijke concentraties. In het zoete deel van het estuarium slaat fosfor neer onder invloed van fysio-chemische processen en komt terug in oplossing naargelang de condities. De ophoping van fosfor in bodemsediment zou op zeker moment aanleiding kunnen geven tot een massale vrijstelling.

#### Koolstof

Het water van het Schelde-estuarium hoort verrassenderwijs tot de grote uitstoters van CO<sub>2</sub> in Europa. De emissies van water naar lucht kunnen variëren van 50 tot 350 ton (!) koolstof per dag. Dat maximum is ongeveer de schaalgrootte van de uitstoot naar de atmosfeer van zware-industriegebieden.

Koolstof komt voor het grootste deel – zo'n 200.000 ton per jaar – in de vorm van organische verbindingen in ongezuiverd communaal afvalwater in de Schelde. In de koude helft van het jaar is dat ongeveer 90 procent van het totaal. Het overige deel is dan afkomstig van afgestorven oever- en schorrenvegetatie en van fotosynthese door plankton. Tijdens zomerse perioden van algenbloei neemt de laatstgenoemde bron een aandeel van rond de 50 procent. Merkwaardig genoeg blijkt uit onderzoek van Billen (1993) en Van Damme (1999) dat slechts een fractie van de totale koolstofvracht de zee bereikt. Dat komt doordat de Zeeschelde en Westerschelde zich gedragen als een enorme bioreactor. Het Scheldewater is hierin relatief lang onderweg, doordat het onder invloed van de getijden alsmaar heen en weer stroomt. Bacteriologische processen die het organisch materiaal afbreken

kunnen daardoor goed op gang komen. Een van de scheidingsproducten is  $\text{CO}_2$ , dat in de lucht wordt uitgestoten en een flinke bijdrage levert aan het broeikas-effect.

Naast de 'vertrouwde' stoffen komen als gevolg van moderne productie-technieken nieuwe stoffen in het milieu terecht, waarvan over de effecten relatief weinig bekend is.

Aardmetalen

Dit geldt bijvoorbeeld voor de zeldzame aardmetalen scandium (Sc), lanthaan (La), cerium (Ce), neodymium (Nd), samarium (Sm), europium (Eu), terbium (Tb) ytterbium (Yb) en lutetium (Lu). Ze komen in gelijke gehalten voor als lood, koper, cadmium en kwik en alleen al daarom verdienen zij in het toekomstig beleid evenveel aandacht als de 'vertrouwde' stoffen.

Nu de lozingen door de industrie en de huishoudens gesaneerd zijn, dan wel worden aangepakt, blijft het terugdringen van lozingen uit diffuse bronnen over. Daartoe worden gerekend atmosferische depositie, afgifte van stoffen uit bouwmaterialen, verkeer en vervoer (waaronder scheepvaart), de landbouw en verontreinigde waterbodems.

Lozingen uit diffuse bronnen

In de landbouw gaat het vooral om gewasbeschermingsmiddelen, zoals insecticiden en schimmeldoders, die meer dan honderd actieve stoffen bevatten, waarvan slechts een gedeelte wordt gemeten. In Nederland is de Algemene Maatregel van Bestuur voor open teelten – van kracht geworden in 2000 – een aanzet om deze vorm van vervuiling terug te dringen.





'Het oostelijk deel van de Westerschelde is het meest vervuilde getijdengebied van Nederland', stelt de "Ecosysteemvisie Delta", het kennisdocument dat eind 1994 door het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij is uitgebracht. 'Vooral het cadmiumgehalte is bijzonder hoog, maar ook pcb's, pak's en organotinverbindingen komen in veel te hoge concentraties voor.' Verder wijst de Ecosysteemvisie erop dat 'het riviersysteem van de Schelde permanent uit balans is. Van nature probeert het riviersysteem een evenwicht te vinden in het proces van aanslibbing en erosie. Het baggeren en storten van zand maakt dat echter heel gecompliceerd.' De geulen zijn vier tot zeven meter onder hun natuurlijke diepte uitgediept. Doordat het opgebaggerde slib wordt teruggestort in nevengeulen, verloopt de sedimentatie in de geulen van het Land van Saeftinge en op de platen van Valkenisse extra snel, terwijl op andere plaatsen schorren en slikken juist kleiner worden.

Ecosysteemvisie Delta

De Ecosysteemvisie constateert ook dat uitgerekend het estuariene karakter van de Nederlandse delta het meest waardevolle element is en dat open zee-armen van groot belang zijn voor de biodiversiteit, omdat er veel soorten vissen, kreeftachtigen en andere waterdieren van internationale betekenis kunnen voorkomen. Het estuarium is voedselbron, paaiplaats en gebied om de jonge aanwas groot te brengen. Het zoute getijdengebied is verder de tijdelijke verblijfplaats voor trekvis. Ook voor vogels vormen de voedselrijke getijdengebieden een belangrijke foerageerplaats op hun trekroute en voor weer andere vormen ze de plek om te overwinteren.

Ook het eindrapport van het project Oost-West, dat ongeveer tegelijkertijd uitkwam, wees op het belang van de open verbinding tussen rivier en zee. Deze studie van fysische en biologische processen in het oostelijk deel van de Westerschelde kwam tot de conclusie dat het estuarium verlandt, doordat de komberging (de hoeveelheid water die een rivier kan bergen) afneemt. Die hoeveelheid is in de loop der jaren afgenomen als gevolg van inpolderingen en het opspuiten van industrieterrein en neemt nog altijd af door sedimentatie.

Studie Oost-West

Als gevolg van het 'sleutelen' aan de vaargeul is de natuurlijke dynamiek, die zo kenmerkend is voor een estuarium, verminderd. Een natuurlijke functiewisseling tussen hoofd- en nevengeul zal niet makkelijk meer optreden. Zeker de hoofdgeul kan zich minder vrij bewegen en ligt waar hij langs dijken stroomt, zelfs vast. Door het fixeren van de vaargeul kunnen ook de platen in omvang toenemen. Anderzijds zijn slikken die in de buitenbochten van geulen liggen, gevoeliger voor erosie, nu er door die uitgebaggerde geulen meer water stroomt dat bovendien harder kan stromen.

De Oost-West-studie stelt dat het estuariene karakter van de Westerschelde wordt bedreigd. Als bewijs daarvoor noemt het rapport de afname van het oppervlak aan intergetijdengebied, het vrijwel niet meer optreden van het verschijnsel schorvorming en het afnemen van slibrijke, laagdynamische

gebieden in het oostelijk deel van de Westerschelde. Al met al voorziet het rapport een afname van de dynamiek en een verstard, minder compleet estuarium.

Om dat tij te keren zijn in de loop der jaren verschillende rapporten verschenen die alle het behoud en de bescherming van het bijzondere karakter van het Schelde-estuarium propageren. Daartoe horen de "Langtermijnvisie Schelde", het "Natuurcompensatieprogramma Westerschelde", het "Beleidsplan Westerschelde", het "Schelde Actieprogramma", terwijl ook het geactualiseerde "Sigmaplan" meer ruimte biedt aan de natuurlijke dynamiek van de rivier.

### **Langtermijnvisie Schelde-estuarium**

De "Langtermijnvisie" is op 18 januari 2001 door de Technische Schelde Commissie vastgesteld. Deze visie beschouwt het estuarium als één systeem, waarin alles met alles samenhangt. Het water laat zich niet binden door land- of provinciegrenzen, noch trekt het zich iets aan van indelingen in functies of gebieden. Het estuarium is vooral een gebied waar rivier en zee elkaar ontmoeten.

In de Langtermijnvisie staan drie functies centraal: de veiligheid tegen overstromingen, de toegankelijkheid van de Scheldehavens en natuurlijkheid van het fysische en ecologische systeem. Ook al krijgen deze functies in de visie afzonderlijk aandacht, zij zijn voortdurend op elkaar betrokken en waar het enigszins kon is hun samenhang benadrukt.

Het document bestaat uit drie delen: een streefbeeld voor 2030, enkele ontwikkelingsschetsen voor 2010 en een situatieschets voor de korte termijn. Het streefbeeld voor 2030 is dat het estuarium een gezond en multifunctioneel estuarien watersysteem zal zijn dat op duurzame wijze wordt gebruikt voor menselijke behoeften. De essentie is verwoord in vijf kenmerken.

1. De instandhouding van de fysieke systeemkenmerken van het estuarium is het uitgangspunt voor beheer en beleid.
2. Maximale veiligheid is een belangrijke bestaansvoorwaarde voor beide landen.
3. Als trekpaard voor de welvaart zijn de Scheldehavens optimaal toegankelijk.
4. Het estuarien ecosysteem is gezond en dynamisch.
5. Nederland en Vlaanderen werken bestuurlijk-politiek en operationeel samen.

Het fysieke systeem met zijn geulen, platen, slikken, schorren, oevers, zoet en zout water wordt beschouwd als de 'drager' van alle functies. Het mondingsgebied zal open en natuurlijk moeten zijn. Het meergeulenstelsel in de Westerschelde zal in stand worden gehouden: hoofd- en nevengeulen met daartussenin platen en ondiepwater-gebieden blijven de Westerschelde kenmerken. De Zeeschelde blijft een riviersysteem met een meanderend karakter. En in het hele estuarium zal er sprake zijn van verschillende gebieden: diep, ondiep, zout, brak, zoet, open water, natuurvriendelijke oevers.

Keuzes voor de middellange termijn zijn nog niet gemaakt. Wel geeft de Langtermijnvisie aan wat de mogelijkheden zijn en binnen welke grenzen de maatregelen gezocht zullen worden. Daartoe zijn vier ontwikkelings-

schetsen opgesteld, elk met een eigen karakter. Ontwikkelingsschets A gaat ervan uit dat het huidige beleid niet wezenlijk verandert. Dit betekent dat de vaarwegen niet verder worden verdiept, maar wel dat er voor de natuur iets extra's wordt gedaan. In ontwikkelingsschets B komt de studie-optie uit het verdrag tussen Nederland en Vlaanderen over de toegang tot de Scheldehavens tot uitvoering. Dat komt neer op het verdiepen van de vaarwegen met twee voet. De schade aan de natuur wordt gecompenseerd, boven op de maatregelen die in ontwikkelingsschets A zijn voorzien.

Het kenmerk van ontwikkelingsschets C is dat er ingrepen in het estuarium plaatsvinden, maar in relatief kleine stappen. Daardoor kan bij elke volgende stap gebruik worden gemaakt van de lessen uit de voorgaande periode. Deze ontwikkelingsschets streeft naar een zo groot mogelijke verdieping van de vaarwegen in periodieke stappen van bijvoorbeeld vijf jaar. Welke diepte haalbaar is, hangt af van de effecten op de morfologie, de veiligheid en de natuur. Hier tegenover staat een fors investeringsprogramma om de schade aan de natuur te compenseren. Ontwikkelingsschets D verschilt met C hierin dat de grote ingrepen ineens worden uitgevoerd. Dus een verdieping van de vaarwegen naar bijvoorbeeld 14 meter getij-ongebonden in één keer. Grote investeringen in de natuur gebeuren dan ook in één keer. Deze aanpak heeft als voordeel dat er snel duidelijkheid komt over de toegankelijkheid van de Scheldehavens. Er zijn echter ook grote risico's aan verbonden. De effecten op veiligheid en natuurlijkheid zijn namelijk niet goed bekend.

Daarom ook kondigt de Langetermijnvisie aan dat er zo snel mogelijk een gezamenlijk programma voor monitoring en onderzoek moet komen. Uiteindelijk zal op alle belangrijke beleidsterreinen gezamenlijk onderzoek worden gedaan. Dat geldt dus voor de morfologie, de ecologie, de veiligheid, de scheepvaart en de haven economie. Zo'n gezamenlijk onderzoeksprogramma zal steeds meer gegevens opleveren, waardoor het estuarium met steeds meer verstand van zaken kan worden beheerd.

Het is nu aan de regeringen van Vlaanderen en Nederland om een standpunt te bepalen.

### **Natuurcompensatieprogramma Westerschelde**

In het verdrag dat Vlaanderen en Nederland in 1995 sloten over de verruiming van de vaarweg in de Westerschelde is afgesproken dat de natuurwaarden die daarbij verloren zullen gaan, worden gecompenseerd. Nederland zorgt voor de uitvoering, Vlaanderen neemt een belangrijk deel van de kosten voor haar rekening.

De eerste plannen gingen uit van verruiming van het estuarium door enkele polders terug te geven aan de zee en de Westerschelde. Dat stuitte echter op zo'n groot verzet bij de Zeeuwse bevolking, dat daarvan is afgezien.

In februari 1998 is in een bestuursovereenkomst geregeld hoe de uitvoering dan wél in zijn werk gaat (alleen de gemeente Borssele heeft niet getekend). De compensatiemaatregelen zijn in drie categorieën onderverdeeld: buitendijks, binnendijks en kreekherstel/kwaliteitsimpuls aan het Natuurbeleidsplan.

In deze paragraaf komen alleen de buitendijkse projecten aan bod. Daarvan is in de overeenkomst gezegd dat ze zoveel mogelijk binnen vijf jaar moeten zijn voltooid. De vijf projecten, waar het om gaat, zijn: bescherming van het Zuidgors (direct ten oosten van Ellewoutsdijk) en het aansluitende Baarland, de veerhavens van Kruiningen en Perkpolder en twee broedgebieden bij Terneuzen en Hansweer.

#### Bescherming van het Zuidgors

Het Zuidgors heeft de laatste jaren te lijden van erosie die indirect wordt veroorzaakt door hoge stroomsnelheden, vooral bij vloed. Als gevolg daarvan neemt het slik dat tussen de geul Everingen en het Zuidgors ligt, in hoogte en in breedte af. Geleidelijk is er een steile schorklif ontstaan, waarvan elk jaar wel een paar meter afkalft.

Aan het zoeken naar een oplossing hebben zowel Rijkswaterstaat, de provincie Zeeland en het waterschap Zeeuwse Eilanden als de Vereniging Natuurmonumenten meegedaan. Uit de diverse alternatieven kozen de onderzoekers uiteindelijk voor de aanleg van een leidam, ook al waren er nadelen aan verbonden. Zo stelde het rapport *Gewikt en Gewogen* van het ministerie van Verkeer en Waterstaat (uit 2001) dat de dam ten koste zal gaan van de natuurlijkheid en de dynamiek in het beschermde gebied achter de dam. Ook vereist de maatregel een forse ingreep (waaronder het aanbrengen van een geulwandverdediging), wat de aanleg- en onderhoudskosten hoog maakt.

Het waren juist die nadelen die Rijkswaterstaat in de zomer van 2001 deden besluiten de dam niet aan te leggen. De hoge kosten wogen niet op tegen de baten voor natuur en milieu. Er is nu besloten helemaal niets te doen.

#### De veerhavens van Kruiningen en Perkpolder

Als in 2005 de tunnel onder de Westerschelde in gebruik wordt genomen, komt de veerdienst tussen Kruiningen en Perkpolder te vervallen. De havens waar de ponten nu nog afmeren, kunnen dan een andere bestemming krijgen. Inrichting als natuurgebied is een mogelijkheid, maar niet de enige. De kansen daarvoor zijn het grootst in de haven van Kruiningen. Daar zou 10 tot 15 hectare slik en schor kunnen ontstaan, waaraan nog eens eenzelfde hoeveelheid valt toe te voegen door ook het tolplein in de plannen op te nemen. Voor de haven van Perkpolder bestaan meer plannen dan de inrichting als natuurgebied. Voor het geval de keuze toch valt op die oplossing, heeft Rijkswaterstaat een inrichtingsschets gemaakt van een 25 hectare groot slikken- en schorregebied.

#### Broedgebieden bij Terneuzen en Hansweer

Het plan om het terrein bij het sluizencomplex van Terneuzen, waar een kolonie visdiefjes broedt, uit te breiden, is op een laag pitje gezet nu de kolonie de laatste jaren sterk in omvang afneemt. Onderzoek naar de oorzaken, uitgevoerd door de Rijksdienst voor Kust en Zee, schrijft de achteruitgang voorlopig toe aan hexabroomcyclododecaan (HBCD) en tributyltin (TBT). Deze 'vlamvertragers' komen in hoge concentraties voor in (de monding van) het Kanaal van Gent naar Terneuzen en dat is juist het gebied waar de visdiefjes foerageren. In afwachting van aanvullend onderzoek naar de hoge sterfte onder jonge visdiefjes ligt de uitwerking van dit natuurcompensatieplan stil.

Bij Hansweert verkeren de plannen nog in een voorlopige fase. Voor een slibdepot dat omstreeks 1990 is aangelegd toen het Kanaal door Zuid-Beveland werd aangepast, zijn drie alternatieven uitgewerkt. Die lopen uiteen van niets doen tot het graven van een slufte, zodat er een verbinding ontstaat met de Westerschelde.

Het uit 1977 stammende Vlaamse "Sigmaplan" beoogt de beveiliging van het Zeescheldebekken tegen stormvloed en vanuit de Noordzee. Het omvat drie onderdelen:

- verhoging en verzwaring van de waterkeringen (512 km);
- aanleg van gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG's) en compartimenteringsdijken;
- bouw van een stormvloedkering.

De verhoging van de dijken en de waterkeringen is als volgt voorzien:

- tot peil +11,00 m TAW op de Zeeschelde vanaf de Nederlandse grens tot Oosterweel (TAW staat voor Tweede Algemene Waterpassing; NAP = 2,33 m TAW);
- tot peil +8,35 m TAW op de Zeeschelde vanaf Oosterweel tot Temse;
- tot peil +8,00 m TAW op de Zeeschelde vanaf Temse tot Gentbrugge en verder op de rivieren Durme, Rupel, Nete, Dijle en Zenne.

Een gecontroleerd overstromingsgebied is een gebied met een groot bergingsvermogen, waarvan de rivierdijken bewust lager zijn gehouden. Door overloop kan een hoeveelheid water aan de stormtijgolf worden onttrokken, wat een indeukend effect heeft op de hoogte van de stormvloed.

De stormvloedkering, die bij Oosterweel is gedacht, moet een stormvloed kunnen weerstaan die het water tot bijna negen meter TAW bij Antwerpen zou doen stijgen. De kostprijs van het kunstwerk is geraamd op ongeveer 40 miljard BEF (prijspeil 1982).

Rond de millenniumwisseling rees de vraag of het Sigmaplan nog aan de verwachtingen voldeed en of de uitgangspunten van de jaren zeventig, zoals die over de waterstanden in de Zeeschelde, nog dezelfde waren. Volgens nieuwe inzichten is de veiligheid in het Zeescheldebekken ook op een andere manier te vergroten. In plaats van de stormvloedkering kunnen extra GOG's, vooral in het opwaarts gelegen deel van het estuarium, worden aangelegd, eventueel in combinatie met twee kleinere en dus goedkopere stormvloedkeringen bij Lier en Mechelen. Met deze maatregelen verkrijgt het Zeescheldebekken een vergelijkbaar veiligheidsniveau als de Westerschelde.

Omdat verder rekening moet worden gehouden met een zeespiegelstijging van 60 centimeter gedurende de komende honderd jaar, en omdat de stormfrequentie de laatste decennia is toegenomen, is het Sigmaplan in 2001 geactualiseerd. Daarin is het accent gelegd op de uitbouw van extra GOG's – met name langs zijrivier de Durme – zonder een stormvloedkering. Onderzoek heeft aangetoond dat de voordelen van deze stormvloedkering klein zijn in verhouding tot de enorme kosten voor de aanleg en het onderhoud ervan. Een verdere verhoging van de dijken biedt ook geen oplossing, omdat de dijkhoogtes dan onrealistisch hoog worden. Bovendien verplaatst hogere dijken het probleem alleen maar, omdat de stormvloed door de

Het geactualiseerde Sigmaplan

Andere inzichten

trechtersvorm verder het binnenland intrekt en daar voor nog meer schade kan zorgen.

De GOG's kunnen een extra functie krijgen door ze niet alleen bij extreme hoogwaters te laten overstromen, maar ze ook onder de dagelijkse invloed van het getij te zetten. Het Sigmaplan spreekt in deze gevallen van gebieden met GGG's (gecontroleerd gereduceerd getij). Op die manier bieden ze niet allen veiligheid, maar maken ze tegelijkertijd deel uit van het estuarium.

#### Nieuwe veiligheidsbenadering

Het geactualiseerde Sigmaplan hanteert daarnaast een nieuwe veiligheidsbenadering. Deze gaat uit van het principe dat waterbeheersingsplannen ontworpen moeten worden op basis van een beveiliging tegen schade in plaats van een beveiliging tegen hoogwaters.



#### Nieuwe veiligheidsbenadering in het Vlaamse Sigmaplan



## Het Life-project Mars

Mars staat voor "Marsh Amelioration along the River Scheldt" en is een Europees project om de slikken en schorren te herstellen. Er vallen vier projecten onder, drie in Vlaanderen en één in Nederland.

Bij Temse is het de bedoeling het vijf hectare grote zoetwaterschor Het Kijkverdriet voor vervuiling te behoeden. Dat zou kunnen door de sterk opgeslibde bodem af te graven, waarna het schor vaker kan overspoelen en spindotters weer een kans krijgen. Bodemonderzoek van de af te graven grond heeft zware vervuiling aangetoond met cadmium, chroom en arseen. Dat maakt hergebruik van de grond niet mogelijk, zodat alleen stort of verwerking overblijven. De hoge kosten die hiermee gemoeid zijn, hebben tot uitstel geleid.

Hetzelfde gaat op voor het project Lippenbroek bij Hamme. Hier zou een tien hectare grote polder langs de Schelde worden afgegraven en ingericht als gecontroleerde gereduceerd getijzone (GGZ), om te bezien of de vegetatie van buitendijkse zoetwaterschorren zich ook binnendijs zou ontwikkelen als de Schelde bij hoogwater de polder blank zou zetten. Omdat ook de grond van deze landbouwpolder verontreinigd bleek, is de uitvoering stopgezet in afwachting van onderzoek naar wat er met de grond moet gebeuren.

Al niet veel beter vergaat 't het derde Vlaamse project. Bij Zele zou het tot scheepswerf annex scheepssloperij opgehoogde schor het Groen Meirsch worden afgegraven tot natuurlijke hoogte, maar ook hier bleken de grond en het grondwater zo ernstig vervuild dat er tot uitstel is besloten, zeker toen de saneringskosten op 60 miljoen BEF waren geraamd.

Alleen het Nederlandse project: het herstel van de slufte in de Kaloot, een minuscuul overblijfsel van een groot natuurgebied bij Borssele, is wel uitgevoerd. In 1997 is de verzande toegangseul uitgediept, zijn de duintjes aan de westzijde uitgebreid en is een stuifscherm geplaatst.

## Beleidsplan Westerschelde

De hoofddoelstelling van het uit 1991 stammende Nederlandse "Beleidsplan Westerschelde" luidt: 'Het met behoud en inachtneming van de scheepvaartfunctie van het gebied en de ontwikkelingsmogelijkheden daarvan (met de daaraan gekoppelde zeehaven- en industriële activiteiten) creëren van een zodanige situatie, dat natuurfuncties kunnen worden gehandhaafd en hersteld en voorts potentiële natuurwaarden kunnen worden ontwikkeld. Dat dient tevens te leiden tot een goede uitgangssituatie voor de ontwikkeling van visserij- en recreatiefuncties. Het belang van de waterkeringen dient daarbij te worden gewaarborgd.'

Bij het beleidsplan hoort een actieplan voor de sectoren scheepvaart en zeehavenactiviteiten, ecologie en waterbeheer, recreatie, visserij, waterkeringen en overige functies.

Actieplan

Voor de scheepvaart is de doelstelling dat deze veiliggesteld moet worden. Dat wil zeggen dat de recreatievaart in en langs de hoofdvaarweg en druk-



bevaren nevenroutes beperkt moet blijven. Scheiding van verkeerssoorten is het uitgangspunt. Verder is een effectief toezicht nodig en moeten er voldoende en gemakkelijk te gebruiken faciliteiten komen voor chemisch afval en afgewerkte olie. De havenfaciliteiten moeten worden aangepast aan de technische en economische veranderingen van de scheepvaart.

Op het gebied van bodem- en waterkwaliteit behoren behoud van de zout-zoet overgang en de morfologische dynamiek tot de doelstellingen. Daardoor moet ook de kinderkamerfunctie in de ondiepe watergebieden en de vogelfunctie van intergetijdengebieden en schorren behouden blijven, evenals de vegetatie van schorren en de levensgemeenschappen van de slufteergebieden.

De recreatie kan in sommige gebieden worden uitgebreid, maar dan moet er wel voor worden gezorgd dat de natuurwaarden niet worden aangetast.

Het belangrijkste visserijdoel is het herstel van gunstige voorwaarden voor kwaliteit en kwantiteit van de visvangst en daarmee van de kustvisserij als bedrijfstak. Daarvoor is het nodig de waterkwaliteit te verbeteren en de locaties en wijze van stort van baggerspecie zodanig te kiezen dat nadelige gevolgen voor de visstand zoveel mogelijk uitblijven.

In verband met de gezamenlijke belangen van waterkering, recreatie en natuur dienen de eroderende zandige kusten in het mondingsgebied zoveel mogelijk te worden hersteld door middel van zandsuppletie. De erosie die langs schorren optreedt als gevolg van de verdieping, is te voorkomen door de aanleg van (voor-)oeververdedigingen en bestortingen.

Oeververdedigingsmaterialen moeten zoveel mogelijk worden afgestemd op het in stand houden van flora en fauna in de intergetijdezones.

#### Overige functies

Onder de 'overige functies' in het Beleidsplan Westerschelde vallen onder andere de opwekking van windenergie en zandwinning. Over de eerste merkt het beleidsplan op dat er voor windturbines geen plaats is in het water, op drooggevalen gronden of intergetijdengebieden en dat er bij de plaatsing van windmolens rekening moet worden gehouden met de belangrijke vogelfuncties van het gebied, met het belang van de waterkeringen en met mogelijke hinder voor de scheepvaart en voor radar- en andere plaatsbepalingssystemen.

Het beleid voor de commerciële zandwinning moet afgestemd zijn op het morfologisch evenwicht in de zandbalans en mag in principe alleen beneden de lijn van NAP -5,00 meter plaatsvinden.

#### Evaluaties

Twee keer is inmiddels nagegaan of de doelstellingen gelijke tred houden met de ontwikkelingen. Bij de laatste evaluatie, in 1998, luidde de conclusie dat de ontwikkelingen in grote lijnen sporen met het beleidsplan. Alleen de punten scheepvaart, water- en bodemkwaliteit en recreatie vragen om extra aandacht.

De scheepvaart kan namelijk gevaar opleveren voor bewoners aan de oevers van de Westerschelde, zeker als zeeschepen gevaarlijke stoffen (ammoniak) vervoeren.

Over de bodem- en waterkwaliteit stelt het evaluatierapport dat het zuur-

stofgehalte steeds meer aan de landelijke norm voldoet, maar dat het gehalte in het oostelijk deel 's zomers te laag is. De reductiedoelstellingen voor (an)organische micro-verontreinigingen zijn gehaald, maar de industriële emissie van fosfaat nog niet. De concentraties chroom, nikkel en pcb's noemt het rapport zorgwekkend. Al met al was de kwaliteit die voor 1995 voor de bodem als doel was gesteld, niet bereikt.

De recreatie baart de opstellers van het evaluatierapport zorgen, omdat 'een aanzienlijk percentage van de recreanten zich begeeft in gebieden die niet geschikt worden geacht voor recreatief medegebruik'.

De evaluatie sluit af met de opmerking dat slechts weinig acties zijn toegesneden op recente ontwikkelingen en grootschalige activiteiten. Een herziening van het Beleidsplan en het actieplan wordt daarom in het vooruitzicht gesteld.

### **Het Schelde Actieplan**

Een van de taken die de internationale Commissie voor de Bescherming van de Schelde bij haar instelling in 1994 opgedragen kreeg, was 'het opstellen (...) van streefdoelen en van een Actieprogramma dat met name acties bevat gericht op alle soorten puntbronnen en diffuse bronnen van verontreiniging, teneinde de waterkwaliteit en meer in het algemeen het ecosysteem te behouden en te verbeteren'.

Vier jaar later verscheen dit actieplan. Het kent drie termijnen: een korte (tot eind 2003), een middellange (tot 2013) en een lange termijn (tot en met 2025). Na elke termijn zal het worden bijgesteld om zo in te spelen op nieuwe ontwikkelingen en inzichten. Het Schelde Actieplan houdt zowel rekening met programma's die elke verdragspartij heeft uitgevoerd of uitvoert, als met Europese wetgeving en richtlijnen die de verdragspartijen in hun interne wetgeving hebben omgezet. Ook het OSPAR-verdrag ter bescherming van het mariene milieu in het noordoosten van de Atlantische Oceaan is uitgangspunt.

Absolute prioriteit geeft het Schelde Actieplan aan het verbeteren van de zuurstofhuishouding, door bestrijding van de klassieke vervuiling, te weten zuurstofbindende stoffen en nutriënten. Om de waterkwaliteit te evalueren is een homogeen meetnet opgezet, waardoor verschillen tussen landen wegvallen. De gegevens worden bijeengebracht in de databank Waterkwaliteit van de Schelde.

Databank waterkwaliteit van  
de Schelde

Om inzicht te krijgen in de lozingen op de Schelde en haar zijrivieren worden de emissies van de grote industriële installaties in kaart gebracht en vergunningen met elkaar vergeleken en getoetst aan de Europese regelgeving. Ook de thermische verontreinigingen maken deel uit van de inventarisatie.

Over de lozingen van stedelijk afvalwater gaat de Commissie na welke normen de afzonderlijke landen hanteren, welke zuiveringsprocedures worden toegepast en of de Europese richtlijn op dit punt (91/271/EEG) al ingang heeft gevonden.

Inzicht in de gevolgen van diffuse verontreinigingen denkt de Commissie te verkrijgen door een synthese te maken van de wetgeving in de verschillende landen en te kijken hoe ver elk land is gevorderd met de uitvoering van de sanering van woningen die niet op het rioleringsnet zijn aangesloten, met de vermindering van verontreiniging van stoffen uit de landbouw door uit- en afspoeling, met de sanering van recreatiegebieden, met de terugdringing van vervuiling door beroeps- en pleziervaart en met het toepassen van de *best environmental practice*.

Een belangrijke doelstelling is verder het voorkomen van calamiteuze verontreinigingen, vergelijkbaar met de ramp bij Sandoz in Bazel, in 1986, waarbij tonnen chemicaliën in de Rijn belandden. Om de Schelde voor een dergelijke ramp te behoeden worden alle mogelijke bronnen van calamiteuze verontreinigingen geïnventariseerd en alle maatregelen opgesomd waarmee zo'n ramp is te voorkomen en te bestrijden, mocht hij desondanks plaatsvinden.

#### Actieplan voor de korte termijn

Het actieplan voor de korte termijn bestaat uit meer dan het maken van inventarisaties. Het omvat ook enkele ecologische herstelprogramma's en maatregelen om lozingen te beperken. Wat het laatste betreft zal Frankrijk de interne controle van industriële lozingen bevorderen, zal Wallonië de elektriciteitscentrale van Baudour vervangen door een gasturbine, zal Vlaanderen versneld gemeentelijke rioleringen aanleggen, zal het Brussels Hoofdstedelijk Gewest aandringen op het nakomen van de (vrijwillige) afspraken met de industriële sectoren over het toepassen van de *best available techniques* en zal Nederland meer afvalwaterzuiveringsinrichtingen geschikt maken voor het verwijderen van stikstof en fosfor.

Als het om het ecologisch herstel van rivieren gaat zal Frankrijk een programma ontwikkelen voor het ecologisch onderhoud van rivieren, richt Wallonië enkele natuurparken op, waaronder Les Haut Pays en Scarpe-Escaut, werkt het Vlaams Gewest een ecosysteemvisie uit voor enkele rivieren beekvalleien, zet het Brussels Hoofdstedelijk Gewest het beleid tot scheiding van afvalwater en schoon water voort en geeft Nederland uitvoering aan het Natuurcompensatieprogramma Westerschelde.

#### Cultuurverschillen

In de zeven jaar dat de ICBS nu bestaat, is duidelijk dat de samenwerking niet altijd even makkelijk gaat. Een deel van dit probleem is terug te voeren tot de ingewikkelde politiek-bestuurlijke structuur binnen België, maar daarnaast bemoeilijken cultuurverschillen de samenwerking. Waar de Nederlander het liefst rechttoe rechtaan zaken doet, kiezen de zuiderburen liever voor een meanderende benadering.

In het "Werkplan en strategie ter realisatie van het Schelde Actieplan I, 2000 - 2004", dat het Secretariaat nationaal Vooroverleg werkgroepen 1 en 2 van de ICBS in maart 2000 uitgaf, staat zelfs dat 'in het geval van de Schelde en de ICBS de cultuurverschillen bijdragen aan of de grootste veroorzaker zijn van 'eindeloze debatten' tussen Frankrijk, Wallonië, Brussel, Vlaanderen en Nederland over waterbeheersproblemen'. Waar in Frankrijk en België sterke hiërarchische relaties de besluitvorming beïnvloeden en waar wordt vastgehouden aan eigen ideeën en de maatschappelijke regels worden nageleefd, gelden in Nederland horizontale machtsverhoudingen en ontbreken strikte

gedragsregels. Deze verschillen komen niet alleen voor tussen landen, maar ook tussen organisaties. Door dat alles heen spelen dan nog de verschillen in omgangsvormen tussen mannen en vrouwen en tussen leeftijdsgroepen. De paragraaf eindigt dan ook met de aanbeveling dat waterbeheerders en beleidsmakers binnen de ICBS zich meer zouden moeten verdiepen in verschillen in cultuur en besluitvorming.

Een schone Schelde vraagt ook om goede omgangsvormen.



## Lopende en nieuwe onderzoeksprojecten

# 7

Hieronder volgt een korte beschrijving van onderzoek dat nog in uitvoering is en voor een deel al in de afrondende fase verkeert alsmede onderzoek dat in 2000 is gestart.

De aanwezigheid van ongeveer de helft van de organohalogenen in oppervlaktewater is te verklaren vanuit natuurlijke processen. De andere helft is van antropogene afkomst (industrie, huishoudens, zuiveringsprocessen). In deze stofstudie wordt per categorie bekeken wat de belasting van het oppervlaktewater is, welke stoffen het betreft en wat de risicostoffen zijn. Ook worden mogelijke vervolgacties besproken.

Antropogene organohalogenen  
(Stofstudie)

Onder de bestanddelen van was- en schoonmaakmiddelen zijn ook complexvormers (EDTA, NTA, DTPA) en alkylfenol polyethoxylaten te vinden. Deze stoffen en hun afbraakproducten komen in grote hoeveelheden terecht in het oppervlaktewater. De complexvormers zelf kunnen schadelijk zijn voor het watermilieu, maar ook wordt vermoed dat ze er voor zorgen dat aan het slib gebonden zware metalen weer oplossen in het water. Alkylfenol polyethoxylaten kunnen snel afbreken tot alkylfenolen, die een pseudo-oestrogeen effect hebben. Over de hoeveelheden en concentraties in oppervlaktewater is weinig bekend. De stofstudie geeft schattingen van de mate van gebruik van deze additieven, van de gevolgen voor het aquatisch milieu en van mogelijke risico's voor de drinkwaterbereiding.

Schoonmaakmiddeladditieven  
(Stofstudie)

Sinds de jaren 1994/1995 vormt de aanwezigheid van aminomethylfosfonzuur (AMPA) in het oppervlaktewater een bron van zorg voor de waterleidingbedrijven. De reden voor die zorg is dat de stof bekend is als afbraakproduct van het bestrijdingsmiddel glyfosaat en daardoor, ondanks zijn lage toxiciteit, is gebonden aan de bestrijdingsmiddelenorm van 0,1 µg/l. De gevonden AMPA-concentraties in het oppervlaktewater kunnen niet zonder meer worden verklaard vanuit het bestrijdingsmiddelengebruik. Nu is door RIWA-onderzoek uit 1996 weliswaar aangetoond dat AMPA ook ontstaat uit fosfonaten (wasmiddelen, koelwateradditieven), maar de bijdrage vanuit deze bronnen blijkt toch te gering om de concentraties te kunnen verklaren (zie ook de bespreking over Koelwateradditieven in het hoofdstuk "Verschenen rapporten"). In 2000 wordt, samen met een producent van glyfosaat en diverse chemie-organisaties, in projectverband gebrainstormd over mogelijke andere verbindingen waarvan AMPA afkomstig kan zijn. De gedane suggesties moeten vervolgens worden onderzocht.

Herkomst van AMPA

In 1999 werd een project afgerond waarin een schema was ontwikkeld om met behulp van een aantal criteria een selectie van prioritaire stoffen te kunnen maken. Voor 2001 is een project gepland waarin deze criteria worden toegepast op alle stoffen die zijn opgenomen in het rapport "Inventarisatie en toxicologische evaluatie – Herziening 1999". Ter voorbereiding wordt in 2000 geïnventariseerd welke stoffen tot en met 1999 zijn gevonden.

Toepassen van nieuwe criteria  
voor prioritaire stoffen

In 1998 is vervolgonderzoek gestart naar parasitaire protozoa in de Rijn en

Cryptosporidium parvum

de Maas en nabij innamepunten van waterleidingbedrijven. Behalve de gebruikelijke aantalsbepaling zal ook het aantal levensvatbare en voor de mens pathogene oöcysten (*Cryptosporidium parvum*) worden bepaald. Aangezien er behoefte ontstond aan resultaten die men met elkaar kan vergelijken, is besloten om in 2000 tevens in de Rijn te meten en om, behalve in de winter, ook in de zomer enkele monsters te nemen.

#### Toxines van cyanobacteriën

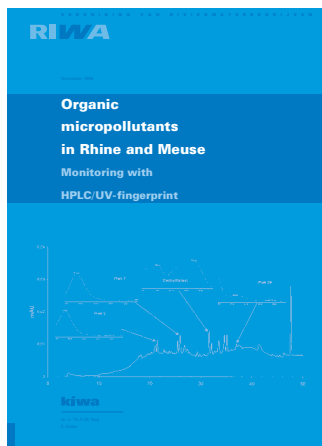
Sommige cyanobacteriën (blauwwieren) kunnen onder bepaalde omstandigheden toxines produceren. De laatste jaren is duidelijk geworden dat deze toxines een ernstig risico kunnen vormen voor de volksgezondheid. Zo worden ze in verband gebracht met leveraandoeningen en leverkanker. In 1998 hebben zes waterleidingbedrijven via literatuuronderzoek trachten in te schatten in hoeverre toxines van cyanobacteriën worden verwijderd tijdens de zuivering van oppervlaktewater tot drinkwater. Systematisch onderzoek naar de aanwezigheid van dergelijke toxines is echter nog niet gedaan. In RIWA-verband werd in 2000 een project gestart om bij de innamepunten van drinkwaterbedrijven metingen te verrichten naar toxines die door cyanobacteriën worden geproduceerd.

#### Klimaatverandering en de watertoevoer van de Maas

Vanuit het project over de impact van de hydrologische ingrepen in de Maas (zie het hoofdstuk "Verschenen rapporten") werd onder meer aanbevolen de effecten van klimaatveranderingen op de Maasafvoer nader te onderzoeken. Met name bij de Maas is dergelijk onderzoek zinvol, omdat bij deze rivier de kans op een te lage afvoer het grootst is in de zomermaanden, wanneer de watervraag juist toeneemt. De gemiddelde Maasafvoer in Nederland is ongeveer tien keer zo klein als die van de Rijn en ook vertoont de Maasafvoer veel grotere schommelingen. Het RIZA is al enige jaren bezig om met hydrologische modellen te onderzoeken welke effecten klimaatveranderingen zullen hebben op de waterafvoer van de grote rivieren. Zulke modellen kunnen worden toegespitst op de diverse aspecten of functies van een rivier, zoals veiligheid, binnenvaart, drinkwatervoorziening, natuur of landbouw. Besloten is om in RIWA-verband in 2000 de ontwikkeling van een model te ondersteunen waarmee men de gevolgen van klimaatverandering op de drinkwaterwinning in het Maasstroomgebied kan voorspellen. Doel is het in beeld brengen van knelpunten (waar treedt wanneer een watertekort op?), van de samenhang in onttrekkingen boven- en benedenstrooms, van relaties met overige onttrekkingen en van oplossingen. Zo hoopt men tijdig op klimaatveranderingen te kunnen inspelen.

Van de hieronder beschreven rapporten is het merendeel verschenen in de jaren 1999 en 2000. Enkele rapporten verschenen pas in 2001, maar omdat ze al grotendeels in 2000 waren afgerond zijn ze in dit jaarverslag opgenomen.

#### HPLC/UV-fingerprint (1999)



Het water in Rijn en Maas wordt frequent onderzocht op een groot aantal parameters. Omdat het oppervlaktewater echter veel meer stoffen bevat dan er kunnen worden gemeten, is er veel belangstelling voor biologische bewakingssystemen. Toch blijft het nodig biologische metingen aan te vullen met analytische metingen die, liefst zo eenvoudig en goedkoop mogelijk, een beeld geven van de waterkwaliteit. Daarom is een methode ontwikkeld die een breed scala aan organische stoffen zichtbaar maakt zonder iedere stof afzonderlijk aan te tonen, de zogenaamde "fingerprint".

Bij deze methode worden de organische stoffen geïsoleerd uit een monster water en met behulp van HPLC ("High Performance Liquid Chromatography") gescheiden in volgorde van polariteit. Uiteindelijk worden de stoffen gedetecteerd met UV-absorptie. Met de methode, kortweg "HPLC/UV-fingerprint" genoemd, worden polaire en matig polaire organische microverontreinigingen gemeten in een concentratie vanaf circa 0,1 µg/l.

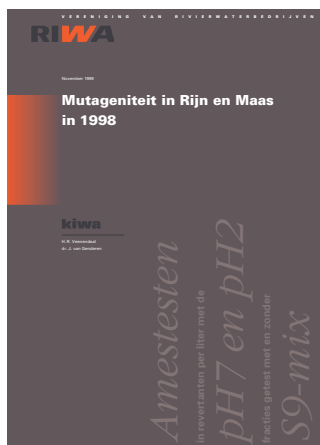
Met behulp van de HPLC/UV-fingerprinttechniek werd de kwaliteit van Rijn- en Maaswater gemeten. Van maart 1997 tot februari 1998 werden maandelijks monsters water onderzocht van de Rijn te Lobith en de Maas te Eijsden. Gevolgd werd zowel de globale waterkwaliteit als de aanwezigheid van individuele verontreinigingen. De verontreiniging in de Rijn blijkt constanter en circa een factor twee groter dan die in de Maas. De waterkwaliteit van de Maas varieert sterker dan die van de Rijn en wordt vooral bepaald door een



klein aantal verbindingen die incidenteel in relatief hoge concentraties voorkomen. De Rijn is tijdens het najaar en de winter het meest verontreinigd, de Maas vooral in de zomer en het najaar.

Bestrijdingsmiddelen werden doorgaans aangetoond in gehalten die overeenkomen met de gehalten uit het reguliere meetprogramma. Ook werden bestrijdingsmiddelen aangetroffen die daarin niet zijn opgenomen, zoals carbendazim, monuron en dimethachloor. Aanbevolen wordt deze stoffen ook in het reguliere meetprogramma op te nemen. Verder wordt aanbevolen onbekende stoffen die frequent en in hoge gehalten werden gemeten, met behulp van vervolgonderzoek te identificeren en te beoordelen. Met de methode blijkt het zeer goed mogelijk incidentele verontreinigingen aan te tonen en terug te zoeken, indien nodig. Daarnaast is de methode zeer geschikt voor het selecteren van onbekende stoffen voor nader identificatieonderzoek. Het rapport is verschenen in een Nederlandse en een Engelse versie.

#### Mutageniteit in Rijn en Maas in 1998 (1999)

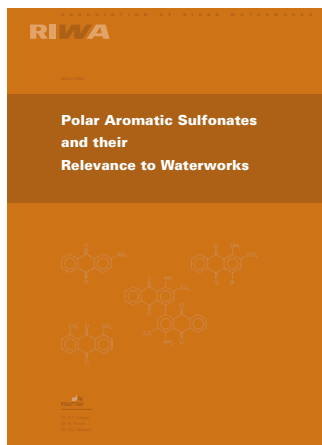


Sinds 1992 wordt de mutageniteit van het Rijn- en het Maaswater om het jaar onderzocht met behulp van de Amestest. Van de Rijn te Lobith werden in 1998 zeven watermonsters onderzocht, waarvan het laatste in januari 1999. Van de Maas te Eijsden werden zes watermonsters onderzocht.

In alle zeven monsters Rijnwater werd een mutagene activiteit aangetoond. De hoogste activiteit werd aangetroffen in de monsters tijdens de wintermaanden, vooral in de fracties die werden getest met de S9-mix (leverhomogenaten van de rat). In het Maaswater werd geen of een marginale activiteit aangetroffen. De afname van de mutagene activiteit, die al enige jaren wordt signaleerd in zowel Maas- als Rijnwater, zet zich voort. Een vermoeden dat dit verband houdt met de verlaging van het gehalte van bepaalde stofgroepen zal nog moeten worden bevestigd door nader chemisch-analytisch onderzoek in combinatie met Amestests.

In het rapport wordt tevens ingegaan op een onderzoek uit 1997 en 1998 dat zich richtte op het verband tussen de gemeten mutageniteit en materiaal met een zekere lipofiliteit. Het vermoeden bestond namelijk dat verbindingen in sterk hydrofiele en sterk lipofiele fracties de celwand niet of minder goed kunnen passeren, waardoor er geen of minder mutageen effect optreedt. Het onderzoek, met behulp van monsters sterk verontreinigd oppervlaktewater, liet zien dat de mutageniteit steeds aanwezig was in lipofiel materiaal met een  $\log K_{ow}$ -waarde tussen 1 en 3, met een maximum bij 1,8. Boven of onder deze waarden werden geen mutagene effecten waargenomen. Het rapport is in het Nederlands verkrijgbaar.

#### **Polar Aromatic Sulfonates and their Relevance to Waterworks (Stofstudie) (2000)**



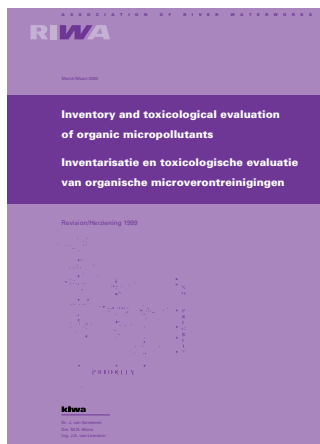
Aromatische sulfonaten behoren tot de oudste organische chemicaliën die op industriële schaal worden vervaardigd. Sinds eind vorige eeuw worden ze gebruikt als veelzijdig halffabrikaat (voor bijvoorbeeld kleurstoffen) en tegenwoordig ook als fluorescerende witmakers in wasmiddelen, als dispersiemiddelen bij diverse industriële processen, als weekmakers in de betonindustrie en als synthetische looimiddelen. Deze studie betreft sulfonaten die voor de drinkwaterbereiding relevant zijn vanwege productie- en verbruikshoeveelheden, oplosbaarheid in water en slechte afbreekbaarheid. Ook moeten ze minstens eenmaal in het aquatisch milieu zijn aangetroffen.

Behalve van gesulfoneerde actieve stoffen in was- en schoonmaakmiddelen bestonden er tot de jaren '90 geen meetresultaten van individuele aromatische sulfonaten in water. Pas de laatste jaren zijn ze gemeten in oppervlaktewater en drinkwater, maar de analysemethoden zijn nog niet gestandaardiseerd. De stoffen zijn aangetoond (in concentraties tot 80 µg/l) bij afstroming uit stortplaatsen in Zwitserland en Duitsland. In behandeld afvalwater zijn tot nu toe 26 verschillende verbindingen gemeten. De beschikbare oppervlaktewaterringen betreffen uitsluitend kreek- en rivierwater. Vooral naftaleensulfonaten blijken voor te komen in Rijn, Elbe en Donau. Gehalten

van 10 ng/l tot 10 µg/l zijn normaal, maar in de Elbe is incidenteel ook een concentratie van 100 µg/l gemeten. In drinkwater zijn uitsluitend naftaleen-sulfonaten (di- en trisulfonaten) in zeer lage concentraties gemeten. Ook worden 1,5NDS en 1,3,6NTS genoemd.

Inzake biologische afbreekbaarheid zijn de testresultaten niet goed vergelijkbaar. Afhankelijk van de moleculaire structuur zijn er onderling grote verschillen. Voor verwijdering bij de drinkwaterbereiding zijn meerdere zuiveringsstappen nodig. Over toxiciteit en ecotoxiciteit van polaire aromatische sulfonaten bestaan weinig gegevens, vermoedelijk omdat ze vooral fungeren als halffabrikaat en niet als eindproduct. Aangenomen wordt dat ze minder toxisch zijn dan vergelijkbare niet-gesulfoneerde verbindingen en over het algemeen worden zeer toxische verbindingen na sulfonering aanzienlijk minder toxisch. Nader onderzoek wordt echter aanbevolen. Dit rapport is in het Engels gepubliceerd.

### **Inventarisatie en toxicologische evaluatie – Herziening 1999 (2000)**



Dit rapport is een algehele herziening van het gelijknamige rapport uit 1994, met 947 organische verbindingen die in 1983-1993 waren aangetroffen in het water van Rijn, Maas, IJsselmeer en Haringvliet en deels in daaruit bereid drinkwater. Het rapport wordt regelmatig geactualiseerd, omdat analysemethoden, toxicologische inzichten en de aanwezigheid van stoffen veranderen. De uitgave bevat een Engelstalig en een Nederlandstalig deel. Sinds 1983 zijn in totaal 1328 organische microverontreinigingen minstens éénmaal aangetroffen in het onderzochte water. Daarvan worden 58 verbindingen aangemerkt als verdacht mutageen en/of verdacht carcinogeen. De afgelopen 5 jaar zijn 388 verbindingen minstens tweemaal aangetroffen in oppervlaktewater of daaruit bereid drinkwater. Daarvan zijn 36 stoffen verdacht mutageen en/of verdacht carcinogeen.

De selectiecriteria voor prioritaire stoffen zijn geactualiseerd. Meegenomen zijn de mogelijke mobiliteit in de zuivering, de normen van het

Waterleidingbesluit inclusief herziening en van de EG-drinkwaterrichtlijn. Nieuw is het TTL ("toxicological threshold of no concern"), met name bruikbaar wanneer geen toxicologische gegevens zijn te achterhalen. De lijst met prioritaire stoffen (over 1994-1998) is ten opzichte van de vorige aanzienlijk gewijzigd en bevat nu 19 stoffen (16 stoffen vervallen; 5 stoffen nieuw). In de lijst zijn meer aromatische halogeenverbindingen opgenomen en minder alifatische halogeenverbindingen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen.

Tot nu toe zijn geen aanwijzingen gevonden voor nadelige effecten op de volksgezondheid door organische microverontreinigingen in drinkwater. Een inschatting is moeilijk, omdat van circa eenderde van de stoffen relevante toxicologische gegevens ontbreken. Te weinig is nog bekend over mogelijke combinatiewerking van de gevonden stoffen. Er bestaan weinig gegevens over de totale dagelijkse opname van deze stoffen en over het aandeel van drinkwater daarin, al wordt aangenomen dat die gering is. Het rapport is tweetalig (Nederlands/Engels).

#### Selectie en identificatie van onbekende stoffen (2000)



Diverse waterleidingbedrijven screenen het oppervlaktewater op organische microverontreinigingen met gaschromatografie-massaspectrometrie. Regelmatig worden massaspectra gevonden van onbekende stoffen. Dit rapport beschrijft de selectie van onbekende stoffen en de structuuropheldering daarvan. Door vergelijking van de lijsten met spectra konden al direct 8 stoffen worden geïdentificeerd. Op grond van frequentie en concentratie werden 20 stoffen geselecteerd. Daarvan werden 6 stoffen geselecteerd op aanwezigheid in zowel Rijn en/of Maas als in drinkwater.

Voor identificatie van de 6 stoffen werden monsters Maaswater opgewerkt van september 1996 en november 1997. De extracten werden onderzocht met capillaire gaschromatografie in combinatie met de volgende detectietechnieken: Chemische Ionisatie Massaspectrometrie (CIMS), Massaspectro-

metrie-massaspectrometrie (MSMS), Hoge Resolutie Massaspectrometrie (HRMS), Fourier Transformatie Infrarood Spectrometrie (FTIR).

Volledig geïdentificeerd werden 3 stoffen: bis(2-methoxy-ethyl)ether, 2,2-dimethoxy-3-methyl-butaan en 2,2-dimethoxy-pentaaan. Van de 3 andere verbindingen konden molecuulgewicht en elementaire samenstelling worden bepaald en werd een suggestie voor de structuur gedaan. Inclusief de 8 stoffen uit de voorbereidende fase werden in totaal 11 verbindingen geïdentificeerd. Massaspectrometrie blijkt de meest waardevolle informatie op te leveren, terwijl met FTIR bepaalde functionele groepen in verbindingen kunnen worden bevestigd. Aanbevolen wordt HRMS-, CIMS- en MSMS-technieken al in een vroeg stadium toe te passen. FTIR kan worden toegepast bij concentraties van meer dan 1 µg/l. Voorgesteld wordt een dergelijk onderzoek eens in de vijf jaar uit te voeren. Het rapport verscheen in het Nederlands.

### **De impact van de hydrologische ingrepen in de Maas (2000)**



Geïnventariseerd werden de effecten van een aantal hydrologische ingrepen in de Maas op de drinkwaterfunctie van deze rivier. Vanwege zeer beperkte informatie over het Franse en Waalse Maasstroomgebied richtte men zich vooral op twee Nederlandse projecten: Grensmaas en Zandmaas/Maasroute. Begin jaren '90 startte de provincie Limburg in de Grensmaasvallei een project om de Limburgse grindwinning op een zodanige manier af te bouwen dat de rivier meer ruimte kreeg en ecologisch herstel en natuurontwikkeling mogelijk werden. Na de hoogwaters van eind 1993 en begin 1995 werd hoogwaterbescherming een derde doel. Vanaf dat moment werd de natuurontwikkeling gecombineerd met rivierverruiming in het kader van het Deltaplan Grote Rivieren. Het project Zandmaas diende om toekomstige wateroverlast in de noordelijke Maas te beperken. Het project Maasroute had tot doel de Maas als vaarweg voor de beroepsvaart te moderniseren. Aangezien beide projecten nagenoeg hetzelfde Maasgedeelte betroffen, besloot men ze in 1995 samen te voegen. In dit gecombineerde project speelt natuurontwikkeling een minder grote rol.

Bij het Grensmaasproject krijgt het water door stroomgeulverbreding en weerdlagering meer ruimte. In het Zandmaas/Maasrouteproject wordt het zombed verbreed en verdiept en worden hoogwatergeulen aangelegd. Ook worden natuurvriendelijke oevers ingericht. Beide projecten hebben invloed op de drinkwaterfunctie van de Maas. Tijdens de werkzaamheden kan de troebeling door (verontreinigd) slib aanzienlijk toenemen, terwijl dat met vrij eroderende oevers ook op de langere termijn het geval kan zijn. Door rivierbedverruiming en aanleg van neven- en hoogwatergeulen krijgt het water tijdens lage afvoeren in droge perioden een veel langere verblijftijd, met kans op toename van algen. Verwacht wordt daarbij een verschuiving naar blauwalgen, die door toxinen en geur- en smaakstoffen hinderlijk kunnen zijn voor de drinkwaterbereiding. Door klimaatveranderingen kunnen hoog- en laagwaterperioden vaker en extremer optreden. Vooral langdurige droge perioden kunnen dan problematisch worden voor de drinkwatervoorziening. Aanbevolen wordt de projecten in het kader van Hoogwater Maas en de Internationale Maascommissie te volgen, evenals de procedures inzake Grensmaas en Zandmaas/Maasroute. Ook wordt voorgesteld de effecten van klimaatveranderingen op de Maasafvoer nader te onderzoeken. Het rapport is uitsluitend in een Nederlandse versie gepubliceerd.

#### Inventarisatie lozingsgegevens (2000)



Doel was het opzetten van een systeem om snel informatie te krijgen over actuele "reguliere" (niet-incidentele) lozingen in het Rijn- en Maasstroomgebied. Diverse instanties verzamelen informatie over lozingen en nagestreefd werd een systeem met de belangrijkste kenmerken van elk informatiesysteem. Behalve Nederlandse zouden ook Duitse, Franse, Vlaamse en Waalse gegevensbanken worden verkend. De benaderde Nederlandse instanties toonden zich in principe veelal bereid mee te werken aan de inventarisatie. Qua opzet en inhoud konden de volgende bestanden worden onderscheiden: 1) individuele lozingen; vergunning in kader WVO (water-

beheerders), 2) geaggregeerde gegevens van specifieke sectoren of bedrijfstakken (VROM-Emissieregistratie, RIZA, CUWVO, CBS), 3) incidentele lozingen op (inter)nationale binnenwateren (RWS), 4) diffuse bronnen, met name bekend bij regionale waterbeheerders (geaggregeerde gegevens bij CBS, Staring Centrum, RIVM, RIZA, KNMI).

Na gesprekken met een aantal Nederlandse instanties besloot men zich vooral op de eerste twee groepen te richten. Vervolgens werd opdracht gegeven voor het maken van een prototype voor een meta-informatiesysteem, waarop diverse softwarebedrijven konden inschrijven. Na realisering van het prototype bleek tijdens een workshop voor RIWA-bedrijven en enkele waterbeheerders dat het draagvlak voor een dergelijk systeem gering is. Daarna werd getoetst in hoeverre de waterkwaliteitsbeheerders bereid en in staat waren daadwerkelijk gegevens te verstrekken. Toen na twee maanden (met herhaalde benadering) slechts 25% positief bleek te reageren, werd besloten het project stop te zetten. Geconcludeerd werd dat de kosten voor een eigen systeem (met een omvangrijke en kostbare beheers-taak) beter kunnen worden uitgespaard en dat met behulp van nieuwe technieken (cd-rom) en nieuwe media (internet) inmiddels meer informatie kan worden verkregen. Specifieke vragen over lozingsbestanden zijn via internetsites weliswaar moeilijk te beantwoorden, maar toch kan men beter per vraag of probleem bekijken in hoeverre op deze manier informatie wordt achterhaald. Dit rapport is in het Nederlands verkrijgbaar.

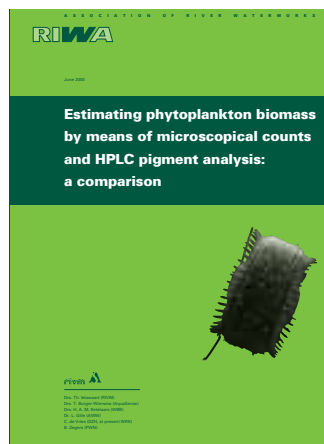
#### **Inventory on the presence of pharmaceuticals in Dutch water (2000)**



Recente metingen in Duitsland en Zwitserland hebben de aanwezigheid van geneesmiddelen aangetoond in oppervlaktewater, afvalwater en drinkwater. In 1999 hebben VEWIN, RIWA en Kiwa daarom op diverse Nederlandse en één Belgische locatie metingen verricht naar de concentraties van 11 (humane) geneesmiddelen in oppervlaktewater, afvalwater en drinkwater. Hoewel geneesmiddelen behalve via industrieel en huishoudelijk afvalwater ook via dierlijke mest in het milieu terecht kunnen komen, richtten deze eerste metingen zich op humane en niet op diergeneesmiddelen.

In drinkwater zijn geen geneesmiddelen gemeten boven de detectielimiet, terwijl de concentraties in oppervlakte- en afvalwater niet boven 1 µg/l uitkwamen. De hoogste concentratie in oppervlaktewater (0,31 µg/l) werd gemeten bij carbamazepine, dat bij schizofrenie, epilepsie en als pijnstiller wordt gebruikt. In het onderzochte afvalwater werden de hoogste concentraties gemeten: 0,87 µg/l voor carbamazepine en 0,90 µg/l voor erythromycin, een antibioticum. Aangezien de therapeutische doses meer dan een miljoen keer hoger liggen dan de gemeten concentraties lijken ongewenste effecten via het water onwaarschijnlijk, al kunnen allergische reacties niet helemaal worden uitgesloten. Verder zouden zich door sporen antibiotica in het milieu nieuwe meervoudig resistente bacteriën kunnen ontwikkelen, met alle gevolgen van dien. In ieder geval worden verdere metingen in drink-, oppervlakte- en afvalwater aanbevolen. Een aanbeveling voor het in kaart brengen van de hoeveelheden die in Nederland worden geproduceerd en gebruikt, werd uitgewerkt in een stofstudie die inmiddels is verschenen (zie de laatste rapportbeschrijving in dit hoofdstuk). Op basis daarvan kunnen nieuwe of betere analysemethoden worden ontwikkeld en kan gericht worden gemeten. Het gezamenlijke rapport van VEWIN, RIWA en Kiwa is in het Engels uitgebracht.

#### **Estimating phytoplankton biomass by means of microscopical counts and HPLC pigment analysis: a comparison (2000)**



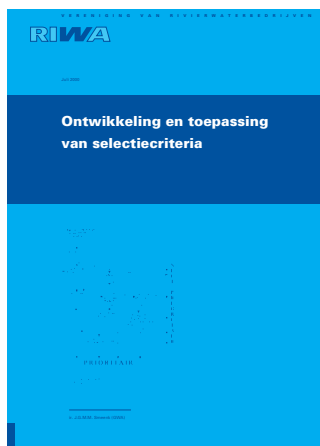
Het onderzoek van de taxonomische samenstelling van het fytoplankton in oppervlaktewater wordt veel gebruikt door oppervlaktewaterbeheerders en waterleidingbedrijven, omdat daarmee problemen inzake geur, smaak, algenhoeveelheid en toxische algen kunnen worden gesignaleerd. Doorgaans wordt de algensamenstelling bepaald door de cellen op microscopisch niveau te tellen en te identificeren. De algenbiomassa stelt men vast door de tellingen te combineren met biovolumeanalyse. De analyse vergt veel geduld en vereist gespecialiseerde kennis, terwijl ook is aangetoond dat verschillen tussen laboratoria en analisten niet zijn uit te sluiten. Inmiddels is er een



snelle en relatief goedkope techniek die gebruikmaakt van de verschillen in pigmentsamenstelling tussen algengroepen. Met behulp van hogedrukvlloeistofchromatografie (HPLC) worden algenpigmenten geanalyseerd. Beschreven zijn de resultaten van vergelijkend onderzoek tussen beide technieken. Ook werd met de HPLC-methode onder zes laboratoria een ringtest gehouden.

Voor het onderscheiden van de voornaamste taxonomische algengroepen blijken de resultaten van HPLC-pigmentanalyse, na calibratie, vergelijkbaar met die van microscooptellingen. Bij de analyse van tien of meer monsters neemt de HPLC-methode minder dan de helft van de tijd in beslag die nodig is voor microscooptellingen. De reproduceerbaarheid van de methode is beter en ook ligt het percentage fouten lager. Met de microscopische methode verkrijgt men echter een gedetailleerd beeld van de klassen en soorten in de algensamenstelling, wat niet mogelijk is met de HPLC-methode. Voor algemene informatie over de algensamenstelling vormt de HPLC-methode een kosten- en tijdsbesparende optie. Voor informatie over de grootteverdeling of over specifieke soorten (bijvoorbeeld potentieel toxische algen) blijft men aangewezen op de microscopische methode. Het rapport is uitgegeven in het Engels.

#### Ontwikkeling en toepassing van selectiecriteria (2000)

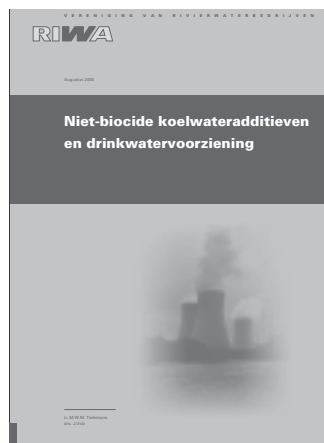


Het aantal stoffen dat door productie en gebruik in het oppervlaktewater terecht kan komen neemt jaarlijks toe. Aangezien daarvan maar een beperkt deel door metingen kan worden bewaakt, is een objectieve selectie van prioritaire stoffen noodzakelijk. Het rapport formuleert uitgangspunten voor prioriteitsstelling en behandelt de toepassing daarvan. Gesteld wordt dat de criteria kunnen worden toegepast op onderzochte stoffen en (met beperkingen) op niet-onderzochte stoffen.

Voor niet-onderzochte stoffen blijkt een modelmatig prioriteringssysteem, zoals het USES-model (*Uniform System for the Evaluation of Substances*), zeer gewenst. Al blijft USES voorlopig beperkt toepasbaar, toch dient de verdere

ontwikkeling te worden ondersteund. Voor de prioriteitsstelling van onderzochte stoffen wordt een beslissingschema aanbevolen dat is opgenomen in de bijlage van het rapport. Het betreft een aangescherpte versie van het prioriteringsschema uit het rapport "Inventarisatie en toxicologische evaluatie – Herziening 1999". Toekomstige bijstelling van het beslissingschema wordt niet uitgesloten, met name voor wat betreft pseudo-oestrogene en geneesmiddeleffecten. Ook moet worden onderzocht op welke wijze de afbreekbaarheid van een stof in het schema kan worden betrokken. Evenals bij het USES-model dienen de resultaten van het beslissingschema door deskundigen te worden geëvalueerd. Het rapport verscheen in het Nederlands.

### Koelwateradditieven en drinkwatervoorziening (2000)



Bij elektriciteitscentrales en industrieën worden vaak hulpstoffen toegevoegd voor het beheersen van biologische aangroei en het voorkomen van corrosie en de vorming van afzettingen in het koelsysteem. Terwijl het RIZA tijdens de afgelopen jaren de emissies van biociden vanuit koelsystemen onderzocht, werden in RIWA-verband de risico's van niet-biocide koelwateradditieven geïnventariseerd. Van de ongeveer 12 miljard m<sup>3</sup> koelwater die in Nederland wordt gebruikt is circa 98% afkomstig uit oppervlaktewater. Daarvan wordt meer dan 99% gebruikt in doorstroomkoelsystemen, waarin meestal uitsluitend gebruik wordt gemaakt van oxidatieve biociden (voornamelijk op basis van actief chloor). In recirculatiesystemen worden echter, behalve biociden, in veel gevallen ook middelen toegevoegd voor het tegen gaan van corrosie en de vorming van afzettingen. Het betreft dan vooral organische additieven zoals fosfonaten, acrylaten en gesulfoneerde copolymeren.

De toxiciteit van de gebruikte fosfonaten en polymeren lijkt over het algemeen gering; van tolyltriazol is hierover te weinig bekend. Bij de drinkwaterzuivering zijn fosfonaten redelijk tot goed verwijderbaar, terwijl de toegepaste polymeren naar verwachting goed worden verwijderd. Over

tolyltriazol is in dat opzicht evenmin iets bekend. Op grond van de beschikbare gegevens (gebruik, toxiciteit, verwacht gedrag in zuivering etc.) werd een prioriteitsstelling uitgevoerd, waarbij zes niet-biocide additieven (vijf fosfonaten en tolyltriazol) werden geselecteerd. Toen in samenwerking met RIZA en Kiwa vervolgens werd gezocht naar methoden voor het bepalen van de geselecteerde stoffen in oppervlaktewater en lozingen, bleken deze niet te bestaan.

De risico's van de onderzochte niet-biocide koelwateradditieven voor de drinkwatervoorziening lijken gering. Men ziet geen aanleiding voor het ontwikkelen van aanvullende analysemethoden en voor metingen. Punt van zorg vormen echter de fosfonaten, omdat deze groep ook verbindingen bevat die kunnen worden afgebroken tot aminomethylfosfonzuur (AMPA). Ondanks zijn geringe toxiciteit is de stof ook bekend als afbraakproduct van glyfosaat en daarom gebonden aan de bestrijdingsmiddelennorm van 0,1 µg/l. De drinkwatersector dient zich te bezinnen op mogelijkheden om de aanwezigheid van fosfonaten in het aquatisch milieu terug te dringen, temeer omdat deze stofgroep een zeer breed toepassingspectrum heeft. Dit rapport is in het Nederlands verkrijgbaar.

#### **Herkomst en lot van natuurlijke oestrogenen in het milieu (Stofstudie) (2000)**



De laatste jaren bestaat er grote belangstelling voor de effecten van vooral synthetische stoffen die de hormoonhuishouding kunnen verstoren. Tegelijk is het echter van belang om te weten of ook de uitscheiding van natuurlijke en synthetische geslachtshormonen risico's voor mens en dier kan opleveren. In deze studie worden (voor Nederland) de hoeveelheden oestrogenen berekend die afkomstig zijn van uitwerpselen en urine van mens en vee en die via riolen, respectievelijk sloten en boezemwateren terechtkomen in de grotere oppervlaktewateren. Verder wordt er gekeken naar verspreiding en afbraak van deze stoffen in het milieu, gemeten concentraties en mogelijke risico's voor mensen, zoogdieren en het ecosysteem.

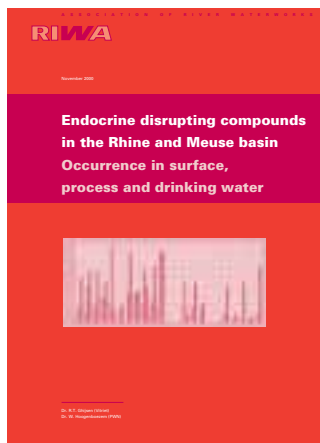
Geschat wordt dat de Nederlandse bevolking per dag 3,2 kg aan natuurlijke hormonen uitscheidt en 43 gram van het synthetische ethinyloestradiol, afkomstig van de anticonceptiepil. Voor rioolwaterzuiveringseffluent worden concentraties berekend van 50 ng/l natuurlijke hormonen (bij 95% zuiveringsrendement) en van 6,5 ng/l ethinyloestradiol (bij 50% rendement). Wordt bij vermenging van rioolwater met rivierwater uitgegaan van een verdunding met een factor 20, dan kunnen in oppervlaktewater gehalten natuurlijke hormonen en ethinyloestradiol worden verwacht van 2,5 tot 3,0 ng/l.

De Nederlandse veestapel produceert (gedomineerd door fokzeugen en drachtige koeien) ongeveer tien maal zoveel oestrogenen als de menselijke populatie, wat neerkomt op circa 46 kg oestrogenen per dag. Als de maximale hoeveelheid drijfmest van fokzeugen of melkkoeien wordt uitgereden in een mestperiode van drie maanden kan de concentratie in drainagesloten oplopen 150 ng/l. In het oppervlaktewater van het Rijnstroomgebied zouden in zo'n periode concentraties van 75 ng/l kunnen worden gemeten, in het Maasstroomgebied zelfs concentraties van 140 ng/l. Bij een regelmatige verspreiding (van bijvoorbeeld koeienmest) over het zomerhalfjaar zouden de concentraties lager uitkomen, op 40 ng/l voor de Rijn en op 90 ng/l voor de Maas.

Al werden in het effluent van Nederlandse waterzuiveringsinstallaties hogere hormoonconcentraties aangetoond, de hoogste concentratie natuurlijke hormonen die is gemeten in Nederlands oppervlaktewater bedraagt 6 ng/l. Bij driekwart van de oppervlaktewatermetingen lagen de concentraties onder de detectielimiet van 0,1 tot 2,4 ng/l voor de diverse oestrogenen. Ethinyloestradiol is in Nederland gevonden in concentraties van 0,06 en 0,3 ng/l. Meetresultaten uit de diverse landen samen laten zien dat vooral ethinyloestradiol en oestron in de hoogste concentraties aanwezig zijn in zowel rioolwaterzuiveringseffluent als in oppervlaktewater. Toch zijn de gemeten concentraties oestrogenen in het Nederlandse oppervlaktewater zeer variabel en niet representatief voor de belasting met hormonen via dierlijke mest, omdat de metingen niet plaatsvonden tijdens bemestingsperiodes.

Ethinyloestradiol is persistenter dan de natuurlijke oestrogenen. Deze stof is als enige ook gemeten in Nederlands drinkwater. Gesteld wordt dat het risico voor de mens via drinkwaterconsumptie nihil is, aangezien de meetresultaten uit de diverse landen samen slechts gehalten opleveren die een paar duizend maal onder de werkzame doses liggen. Voor het ecosysteem (met name vissen) kunnen in sloten en boezemwateren vooral effecten worden verwacht tijdens de mestuitrijperiode. Dergelijke effecten kunnen ook optreden in kleine wateren bij lozingspunten van gezuiverd en ongezuiverd stedelijk afvalwater. Het rapport is zowel in het Engels als in het Nederlands verkrijgbaar.

## Endocrine disrupting compounds in the Rhine and Meuse basin (2000)



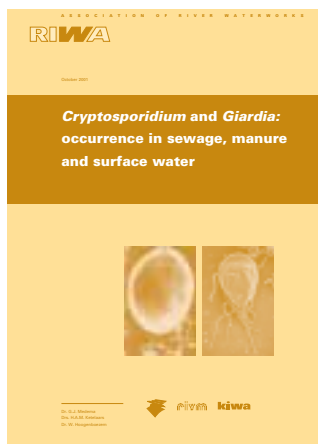
Een aantal Nederlandse overheidsinstanties, verantwoordelijk voor de oppervlaktewaterkwaliteit in rivier- en kustgebieden, heeft in 1999 een groot landelijk onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van hormoon-ontregelende stoffen in water in het Rijn- en Maasstroomgebied (Landelijk onderzoek OEstrogene Stoffen – LOES). Behalve RIZA, RIKZ, RIVM en het Waterschap Friesland nam ook de RIWA deel aan het onderzoek, dat alle relevante milieucompartimenten bestreek. Vooruitlopend op het complete onderzoeksrapport liet de RIWA in 2000 een separaat rapport opstellen over haar aandeel, dat was gericht op zoet oppervlaktewater, proces- en drinkwater en zich ook buiten de landsgrenzen uitstreckte.

In het RIWA-onderdeel werden diverse hormonen (oestradiol, oestron, ethinyloestradiol), bisfenol A, negen ftalaten en vier alkylfenol polyethoxylaten gemeten. De oestrogene activiteit werd gemeten met de ER-Caluxtest. De monsternamen vond plaats in maart, juni en september 1999 op 12 Rijnlocaties (Duitsland en Nederland) en op 11 Maaslocaties (België en Nederland). Verder werd proces- en drinkwater onderzocht.

In drinkwater werden slechts sporadisch en in lage concentraties oestrogene stoffen aangetoond. In oppervlaktewater en proceswater werden ze regelmatig gemeten, soms in hoge concentraties. Toch is bij de ER-Caluxtest geen oestrogene activiteit gemeten die een direct effect zou bewerkstelligen bij levende organismen. De oestrogene activiteit correspondeerde doorgaans niet met de gemeten concentraties van stoffen. De ene maal bleek de gemeten activiteit hoger dan uit de gevonden stoffen kon worden verklaard, de andere maal lager. Vermoedelijk zijn er meer stoffen die een rol spelen bij de oestrogene activiteit en is er ook sprake van synergie. Aan de andere kant kunnen remmende factoren een rol hebben gespeeld. De oestrogene activiteit in het Maaswater blijkt gemiddeld twee keer zo hoog te zijn als in het Rijnwater. Verder is het opmerkelijk dat de oestrogene activiteit in beide rivieren aan het eind van de winter het grootst is, terwijl dan ook de waterafvoer (en het verdunningseffect) maximaal is.

Van de oestrogene stoffen zijn de (natuurlijke en synthetische) hormonen het krachtigst. In oppervlaktewater werden ze af en toe gemeten, in proces- en drinkwater niet. Bisfenol A werd in de Rijn doorgaans in hogere concentraties gemeten dan in de Maas. Van de ftalaten lagen de concentraties in de Maas juist weer beduidend hoger dan die in de Rijn. Deze stoffen werden in alle waterstadia gevonden. Aangezien de concentraties van de gemeten oestrogenen in oppervlaktewater beduidend hoger waren dan in proces- en drinkwater, mag worden aangenomen dat de zuiveringsprocessen een grote rol spelen bij de verwijdering van deze stoffen. Voorzuivering door middel van waterbekkens blijkt effectiever dan oeverfiltratie. Op grond van dit onderzoek kan geen uitspraak worden gedaan over de vraag of hoge concentraties oestrogene stoffen ook afdoende zullen worden verwijderd tijdens de drinkwaterbereiding. Om dergelijke vragen te kunnen beantwoorden wordt aanbevolen om gedurende langere tijd met verhoogde frequentie te meten (10 à 12 keer per jaar) op twee locaties per rivier. Daarbij moet rekening worden gehouden met wijzigingen in het aanbod van oestrogene stoffen. Ook wordt aanbevolen de chemische analyses aan te vullen met effectmetingen, zoals de ER-Caluxtest en bijvoorbeeld een vitellogeninetest met de regenboogforel op locatie. Het rapport verscheen in het Engels.

***Cryptosporidium* en *Giardia*: voorkomen in rioolwater, mest en oppervlaktewater met zwem- en drinkwaterfunctie (2001)**



In 1995 en 1996 was door de RIWA voor het eerst onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van *Cryptosporidium* en *Giardia* in Rijn- en Maaswater, waarbij ook de potentiële bronnen (rioolwater, slachthuizen, landbouwhuisdieren) waren geïnventariseerd. In 1997 en 1998 werd in samenwerking tussen RIVM, RIZA, Kiwa en RIWA vervolgonderzoek gedaan naar het aandeel van stedelijk afvalwater, mest, mestverwerking en slachthuisafvalwater als bronnen van deze parasieten. Daarnaast werd de buitenlandse aanvoer via Rijn en Maas in kaart gebracht door met name te meten bij Lobith (Rijn) en Eijsden (Maas) en werd het gehalte aan beide parasieten gemeten bij een

aantal innamepunten voor drinkwatervoorziening in Nederland en België en bij drie zwemlocaties. Ook zijn andere parameters (microbiologische, fysische en chemische) gemeten in relatie tot de aanwezigheid van *Cryptosporidium*-oöcysten en *Giardia*-cysten.

In de periode juni 1997-mei 1998 werden influent en effluent van twee rioolwaterzuiveringsinstallaties (bij Amsterdam en bij Rotterdam) en ongezuiverd rioolwater van Luik 13 tot 15 keer bemonsterd. De gemiddelde gehalten in het ruwe rioolwater bleken per locatie sterk te verschillen. Noch de verschillen tussen beide Nederlandse steden, noch de lagere aantallen bij Luik konden worden verklaard. Berekend werd dat van de totale bruto emissie aan *Cryptosporidium* en *Giardia* uit huishoudens respectievelijk 5% en 3% in het Nederlandse oppervlaktewater terechtkomt.

In de periode juni 1997-januari 1998 werd een groot aantal monsters verse mest van vleeskalveren, melkkoeien, vleeskuikens en legkippen onderzocht op gehalten van beide protozoa. Vleeskalveren vormen een belangrijke bron van *Cryptosporidium* en *Giardia* (90% bleek positief). Een kwart van de kalvermest wordt verwerkt, waar tijdens het indikkingsproces circa 80% van de parasieten afsterft. Driekwart van de kalvermest komt terecht op het land en vormt een potentieel grote bron, maar onbekend is in welke mate de protozoa door uit- en afspoeling in het oppervlaktewater terechtkomen. Melkkoeien bleken geen bron van betekenis, terwijl in mest van vleeskuikens helemaal geen (oö)cysten werden gevonden. Legkippen vormen een bron voor *Cryptosporidium*, maar het betreft mogelijk een niet-menspathogene soort. Afvalwater van slachthuizen levert geen bijdrage van betekenis aan de protozoa-belasting.

Rijn en Maas vormen voor het Nederlandse oppervlaktewater de belangrijkste bron van *Cryptosporidium* en *Giardia*. Bij Lobith (Rijn) en Eijsden (Maas) (14 metingen, mei 1997-mei 1998) zijn de gehalten vergelijkbaar, maar door de tien keer hogere afvoer is de protozoavracht in de Rijn navenant hoger. De emissie in het Rijnstroomgebied moet dus vóór de grensovergang ook beduidend hoger zijn dan bij de Maas bovenstrooms, terwijl huishoudelijk afvalwater in Duitsland bijna overal wordt gezuiverd en in België grotendeels niet. De oorzaak van de grotere emissie in het Rijnstroomgebied wordt toegeschreven aan het grotere aantal grote steden en het veel omvangrijker landbouwareaal.

De metingen bij de innamepunten (12 metingen, mei 1997-mei 1998) wezen uit dat in de zomerperiode de gehalten aan protozoa relatief laag waren, terwijl in nazomer en herfst op de meeste locaties een snelle stijging zichtbaar werd. De gehalten aan *Cryptosporidium*- en *Giardia* correleerden onderling sterk. In de Maas zijn de gehalten aan beide protozoa het hoogst bij Tailfer en Eijsden en worden ze lager op Nederlands grondgebied. Ook bij de Rijn nemen de gehalten aan protozoa binnen Nederland af (één hoge meetwaarde voor *Giardia* in het Lekkanaal uitgezonderd). De daling van de gehalten op de Nederlandse trajecten wordt toegeschreven aan een combinatie van verdunning (toevoer van Nederlands beek-, rivier- en boezemwater) met afsterving en sedimentatie.

De bemonstering van de drie zwemlocaties (De Bijland, Lobith; De

VERBODEN VAN REPRODUCTIE

**RIWA**

januari 2005

**Biotesten,  
een bruikbaar instrument  
voor de kwaliteitsbewaking  
van oppervlaktewater?**

Ing. A.J.M. Peeters, PhD, Huisman  
P.O. Kampenlaan 100, Nieuwegein



Zoals reeds is gesteld bij het rapport aan het begin van dit hoofdstuk (HPLC/UV-fingerprint), bestaat er veel belangstelling voor biologische tests. Voor die belangstelling zijn een aantal redenen: a) het oppervlaktewater bevat veel meer stoffen dan er kunnen worden gemeten, b) van de stoffen die wél worden gemeten is niet altijd bekend welk effect zij op organismen hebben, c) de vraag is in hoeverre lage concentraties van een stof minder gevaarlijk zijn, d) een combinatie van diverse stoffen levert mogelijk meer risico op dan elke stof afzonderlijk. Met biotests wordt het effect op organismen gemeten. Organismen of delen daarvan (bacteriën, algen, dieren, cellcultures of weefsels) worden blootgesteld aan het te onderzoeken water (of een concentraat), waarna reacties van de proeforganismen (activiteitsvermindering, reproductie, groei, soms sterfte) worden geregistreerd. Omdat verschillende stoffen verschillende effecten kunnen hebben moeten diverse tests tegelijk worden toegepast in een zogenaamde testbatterij met bij voorkeur organismen uit verschillende hoofdgroepen en functies in het ecosysteem.

In dit project werd onderzocht welke biotests het meest geschikt zijn voor (Nederlands) rivieronderzoek en hoe de testbatterij het best kan worden



samengesteld. Met de resultaten konden tevens uitspraken worden gedaan over de waterkwaliteit van Rijn en Maas, over het verschil tussen beide rivieren en over de variatie in toxiciteit gedurende het seizoen. De tests moesten aan de volgende voorwaarden voldoen: eenvoudig toepasbaar, kortdurend, klein volume toetsmedium, lage kosten, standaardiseerbaar, grote gevoeligheid. Gebruikt werden bioassays (algemene effecten op cellen/organismen), genotoxiciteitstests (DNA-verandering) en nog twee andere werkingsspecifieke biotests. De batterij bevatte de volgende bioassays: Microtox, Microtiterplaatstest met 2 algensoorten, PAM-algentest, Rotoxkit, Thamnotoxkit, Daphnia IQ-test. De gebruikte genotoxiciteitstests waren: Amestest, UMU-test, VITOTOX en 2 komeettests. Verder werden de cholinesteraseremming en de oestrogene activiteit (ER-Caluxtest) getest. De biotests werden uitgevoerd op extracten van tweemaandelijks monsters water uit Rijn (Lobith) en Maas (Eijsden).

De meest geschikte bioassays bleken de Microtox, Microtiterplaatstest met 1 algensoort, PAM-algentest, Thamnotoxkit, Daphnia IQ-test. De resultaten van 7 bioassays wezen uit dat de Maas voor organismen significant toxischer zou zijn dan de Rijn. Chemische metingen van hetzelfde tijdstip toonden aan dat het Maaswater zes organische verbindingen bevatte met een wezenlijk toxisch aandeel (92%) in de waterkwaliteit. De gehalten van deze stoffen lagen alle onder de 0,1 µg/l. Bij de Rijn werden eveneens zes organische verbindingen onder de 0,1 µg/l aangetoond die het grootste deel (88%) van het toxisch effect zouden verklaren.

Van de genotoxiciteitstests werd met de Amestest (bij de RIWA al jaren in gebruik; zie ook de tweede rapportbeschrijving in dit hoofdstuk) het meest frequent mutagene activiteit aangetoond. De VITOTOX en de UMU-test gaven slechts in 70% van gevallen resultaten te zien. Voor de twee komeettests wordt verdere validatie van waarde geacht. Bruikbare resultaten werden verkregen met twee additionele tests, de SOS-Chromotest en de Mutatoxtest. Evenals in voorgaande jaren bleek de mutagene activiteit in de Rijn wezenlijk hoger te zijn dan in de Maas. Bij de Rijn werd in maart de laagste mutagene activiteit waargenomen; bij de Maas leek dit in november het geval te zijn.

Bij de werkingsspecifieke biotests werd geconstateerd dat de Maas meer verontreinigingen bevat die het enzym cholinesterase remmen dan de Rijn. Slechts één meting in de Rijn geeft een verhoogde hoeveelheid van deze verbindingen te zien. Bij zowel Rijn als Maas kan worden gesproken van een afname sinds 1988. Met de ER-Caluxtest werd aangetoond dat het gehalte hormoonontregelaars in de Maas hoger ligt dan in de Rijn. In één monster Maaswater werd een duidelijk verhoogde activiteit aangetoond. De aanbevelingen bevatten onder meer richtlijnen ter verhoging van de effectiviteit en onderlinge vergelijkbaarheid van de diverse tests. Vele figuren en tabellen illustreren de testvoorbereidingen en de onderzoeksresultaten. Het rapport is gepubliceerd in een Nederlandse en een Engelse versie.

## Milieu-effecten van humane geneesmiddelen – Aanwezigheid en risico's (Stofstudie) (2001)



Nadat in 1996 de eerste resultaten waren verschenen van Duitse metingen naar (bestanddelen van) geneesmiddelen, toonde een literatuurstudie van de RIWA aan dat over dit onderwerp – en met name over de Nederlandse situatie – nog maar weinig bekend was. In 1999 werden via eerste verkennende metingen (zie één van de rapportbeschrijvingen hierboven) ook in Nederlands oppervlakte- en afvalwater humane geneesmiddelen aangetoond. Het doel van deze vervolgstudie is meer inzicht te geven in de potentiële problemen die humane geneesmiddelen kunnen vormen voor drinkwater, oppervlaktewater en grondwater in Nederland. Behandeld worden onder meer: a) emissieroutes, b) aangetoonde gehalten in rioolwater, oppervlaktewater, grondwater en drinkwater, c) potentiële risico's voor mens en organismen van lage concentraties in het watermilieu, d) mogelijke probleemstoffen en selectiecriteria hiervoor, e) wet- en regelgeving inzake ecotoxicologische aspecten bij toelating in de EU en de VS.

Van de geneesmiddelen die in de literatuur worden beschreven worden de belangrijkste groepen gevormd door fibraten en bètablokkers (hart- en vaatziekten, hoge bloeddruk), anti-epileptica, analgetica (pijnstillers), oncolytica (kanker), antibiotica, de anti-depressiva, bronchospasmolytica (astma e.a.) en joodhoudende röntgencontrastmiddelen. In de literatuur zijn meetgegevens gevonden (meestal van oppervlaktewater en rwzi-effluent) van 85 verschillende geneesmiddelen en 10 verschillende metabolieten. Het betreft een zeer gering percentage van de duizenden toegelaten werkzame stoffen.

Voor humane geneesmiddelen worden drie emissieroutes onderscheiden: 1) huishoudelijke route na gebruik (inclusief zieken- en verpleeghuizen), 2) industriële route na productie (klein percentage van geproduceerd geneesmiddel), 3) niet-geconsumeerde middelen (8,3% van de receptplichtige geneesmiddelen. Van dit percentage belandt slechts 3% in het riool, omdat het grootste deel via apotheken wordt ingezameld.) Tijdens de emissieroutes (afvalwater, rioolwater, rwzi, oppervlaktewater, grondwater, drink-

water) nemen de concentraties af, zodat deze in oppervlaktewater doorgaans liggen tussen de detectielimiet en enkele honderden nanogrammen per liter, met enkele uitschieters tot boven de microgram per liter. In Nederlands drinkwater zijn tot nog toe geen geneesmiddelen aangetoond. Omdat de gevonden concentraties in het watermilieu een miljoen keer lager liggen dan de therapeutische doses van geneesmiddelen worden voor de mens via het drinkwater geen nadelige bijwerkingen verwacht.

Voor in het water levende organismen worden theoretisch een aantal negatieve effecten onderscheiden: a) effecten die met biotests kunnen worden aangetoond (acute en chronische toxiciteit, genotoxiciteit en carcinogeniteit), b) effecten als gevolg van de farmacologische werking op niet-doel organismen (beïnvloeding hormoon- en immuunsysteem), c) resistentie-ontwikkeling van micro-organismen (bacteriën), waardoor antibiotica op den duur hun werkzaamheid zouden verliezen. Chronische toxiciteitsgegevens zijn maar beperkt gevonden en een verantwoorde risico-inschatting kan niet worden gemaakt. Toch moet rekening worden gehouden met chronische blootstelling van waterorganismen aan meerdere geneesmiddelen tegelijk. De effecten van die combinatiewerking zijn moeilijk in te schatten en kunnen variëren van een simpel bij elkaar optellen tot het elkaar versterken of juist afzwakken.

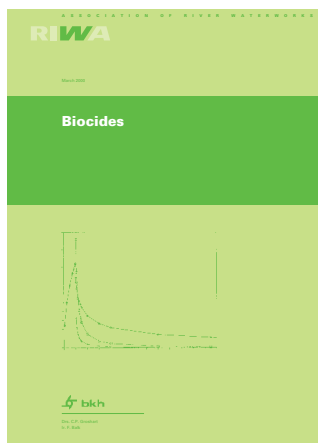
Omdat men niet beschikte over een lijst met de meest verbruikte geneesmiddelen in Nederland, zijn voor de risicobeoordeling middelen geselecteerd op basis van verwacht hoog gebruik, afbreekbaarheid, ecotoxicologische gegevens, buitenlandse selecties en beschikbaarheid van gegevens. Geselecteerd werden 21 humane geneesmiddelen uit de volgende 8 stofgroepen: fibraten en bètablokkers, anti-epileptica, analgetica, oncolytica, antibiotica, de anti-depressiva, joodhoudende röntgencontrastmiddelen en nieuwe geneesmiddelen (zoals Viagra). Op grond van de verbruikscijfers zijn "worst case"-schattingen gemaakt van de concentraties in rwzi-influent, kanalen, beken en rivieren zonder rekening te houden met omzetting, adsorptie, afbraak of vervluchtiging van de betreffende middelen. Voor een goede risicobeoordeling ontbreekt het vooral aan chronische en specifieke toxiciteitsgegevens.

De werkelijk gemeten concentraties bij rwzi's en in het oppervlaktewater blijken doorgaans te liggen onder de berekende concentraties. Twee middelen zijn in bijna alle matrices in hoge concentraties gemeten: clofibrinezuur (omzettingsproduct hart- en vaatmiddel) en carbamazepine (anti-epilepticum). Beide zijn slecht afbreekbaar en over hun ecotoxiciteit is nauwelijks iets bekend. Analgetica (pijnstillers) worden vanwege het hoge verbruik in hoge gehalten aangetroffen in rioolwater, rwzi-effluent en oppervlaktewater, maar de meeste zijn goed afbreekbaar. Oncolytica komen in zeer lage concentraties voor, maar zijn slecht afbreekbaar en oefenen een specifieke farmacologische werking uit. Antibiotica komen ook in lage concentraties voor, maar effecten op met name bacteriën en algen treden al op vanaf enkele µg/l; over de ecotoxiciteit is relatief veel bekend. Van antidepressiva zijn nagenoeg geen meetgegevens bekend, maar er is wel ecotoxicologisch onderzoek verricht naar de groep SSRI's (w.o. prozac), die

Veel van het gesteide wordt met tabellen zichtbaar gemaakt en ook bevat de bijlage de volledige teksten van de concept-EU-richtlijn en de VS-richtlijn voor milieurisicobeoordeling. Aanbevelingen worden gedaan omtrent de prioritering van probleemstoffen, chemische monitoring, zowel generieke als specifieke risico-analyses voor het watermilieu, resistentieontwikkeling en internationale samenwerking. Het rapport is verkrijgbaar in een Nederlandse en een Engelse versie.

Twee stofstudies die in 1998 werden gepubliceerd zijn inmiddels in een Engelse vertaling verschenen:

- Fragrance ingredients
- Biocides.



Brusselse Intercommunale Watermaatschappij

Gemeentewaterleidingen, Amsterdam

Intercommunale Vennootschap Antwerpse Waterwerken N.V.

N.V. DELTA Nutsbedrijven, Middelburg

N.V. Duinwaterbedrijf Zuid-Holland, Voorburg

N.V. Hydron Midden-Nederland, Utrecht

N.V. Hydron Zuid-Holland, Gouda

N.V. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, Velsenbroek

N.V. Waterbedrijf Europoort, Rotterdam

N.V. Waterleiding Maatschappij Limburg, Maastricht

N.V. Waterleiding Maatschappij Noord-West-Brabant, Breda

N.V. Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant, 's-Hertogenbosch

N.V. Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland, Amsterdam

N.V. Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch, Werkendam

Tussengemeentelijke Maatschappij der Vlaanderen voor Watervoorziening, Gent

Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening, Brussel

Waterleiding Maatschappij Overijssel N.V., Zwolle

**Colofon**

Druk	B.V. Drukkerij De Eendracht, Schiedam
Omslag	B.V. Drukkerij De Eendracht, Schiedam
Vormgeving	B.V. Drukkerij De Eendracht, Schiedam
Tekst	<i>R/WA-secretariaat:</i> dr. W.F.B. Jülich P. Beemsterboer A.C. Renout <i>Extern bureau</i> Bijnsdorp Communicatie Projecten, Amsterdam
Verschijningsdatum	juni 2002

